

# ПРИРОДА

11 10



**В НОМЕРЕ:****3 Пенионжkevич Ю.Э.****Экзотические ядра**

Получение экзотических ядер и изучение их свойств — одно из важнейших направлений современной ядерной физики. Синтезируют такие ядра с помощью ускорителей, а используют в различных исследованиях, в том числе для задач астрофизики.

**14 Аветов Н.А., Шишконокова Е.А.****Нефтяное загрязнение болот Западной Сибири**

Прогрессирующий рост нефтедобычи, начатый еще в середине 80-х годов прошлого столетия, вкупе с другими видами антропогенного воздействия привел к масштабной перестройке болотных экосистем, в которых, правда, сохранились еще аборигенная растительность и торфяные почвы.

**25 Белов С.В., Фролов А.А.****Недооцененный источник урана**

После распада СССР большинство месторождений урана остались за пределами России. Между тем вне сферы пристального внимания геологов остался перспективный тип рудных объектов — ураноносные карбонаты.

**Вести из экспедиций****30 Сарана В.А., Тимирева С.Н., Кононов Ю.М.****Новые находки на реке Новой****39 Голиков Ю.П.****Колыбель отечественной медицинской науки**

К 120-летию Института экспериментальной медицины

**О чем писала «Природа»****50****Жизнь без микробов**

Циклинская П.В.

**Роль бактерий в кишечном канале человека и животных (53)**

Суворов А.Н.

**А воз и ныне там (60)****Наследие****66****Ты мой единственный самый близкий друг...**

Письма Н.И.Вавилова

**Научные сообщения****81**

Вибс Д.З.

**Сатурн: атмосфера, ионосфера, магнитосфера****86****Новости науки**

Звезда-монстр в недрах Тарантула. Сурдин В.Г. (86). Луна сжимается? Вибс Д.З. (88). Нарушение временного неравенства Белла теперь доказано экспериментально (88). Наночастицы повышают эффективность иммунотерапии опухолей (89). Геохимия стока Северной Двины. Шевченко В.П., Покровский О.С. (89). Первые находки клена в ископаемых флорах Приморья. Сафарова С.А. (90).

**Рецензии****91**

Зубрева М.Ю.

**Климат и ландшафты Северного полушария в последние 130 тысяч лет**

(на кн.: Палеоклиматы и палеоландшафты внетропического пространства Северного полушария. Поздний плейстоцен — голоцен: Атлас-монография)

**93****Новые книги****В конце номера****94**

Томилини М.Г.

**Шепот диджериду**

## CONTENTS:

### 3 Penionzhkevich Yu.E.

#### Exotic Nuclei

*Synthesis of exotic nuclei and study of their properties is one of the most important fields of modern nuclear physics. Such nuclei are synthesized at particle accelerators and used in different research projects, including solving problems of astrophysics.*

### 14 Avetov N.A., Shishkonakova E.A.

#### Oil Pollution of West Siberia Peat Bogs

*Accelerating growth of oil extraction that began already in mid-eighties of the last century, accompanied with other types of anthropogenic stress, resulted in large-scale transformation of marsh ecosystems. But these marshes still retain their indigenous flora and peat soils.*

### 25 Belov S.V., Frolov A.A.

#### An Underestimated Source of Uranium

*After dissolution of USSR most of uranium ore deposits turned out to lay beyond Russia borders. Meanwhile, a perspective type of ore concentrations — uranium-containing carbonatites — was left beyond rapid attention of geologists.*

## Notes from Expeditions

### 30 Sarana V.A., Timireva S.N., Kononov Yu.M.

#### New Findings at Novaya River

### 39 Golikov Yu.P.

#### A Cradle of Russian Medical Science To 120 Anniversary of Institute of Experimental Medicine

## What «Priroda» Wrote About

### 50

#### Life Without Microbes

#### Tziklinskaya P.V.

#### The Role of Bacteria in Intestinal Canal of Human and Animals (53)

#### Suvorov A.N.

#### Things Are Right Where They Started (60)

## Heritage

### 66

#### You are my the only most close friend...

Letters by N.I.Vavilov

## Scientific Communications

### 81

#### Wiebe D.Z.

#### Saturn: Atmosphere, Ionosphere, Magnetosphere

### 86

## Science News

A Monstrous Star in the Heart of Tarantula. **Surdin V.G.** (86). Is the Moon Shrinking? **Wiebe D.Z.** (88). Violation of Temporal Bell Inequality Is Now Proved Experimentally (88). Nanoparticles Enhance Efficiency of Tumors Immunotherapy (89). Geochemistry of Northern Dvina Runoff. **Shevchenko V.P., Pokrovsky O.S.** (89). The First Findings of Maple in Fossil Floras of Primor'e. **Safarova C.A.** (90).

## Book Reviews

### 91

#### Zubreva M.Yu.

#### Climate and Landscapes of the Northern Hemisphere During Last 130 000 Years

(on book: Paleoclimates and Paleolandscapes of Extratropical Spaces of the Northern Hemisphere. Late Pleistocene — Holocene: Monographic Atlas)

### 93

## New Books

## In The End Of The Issue

### 94

#### Tomilin M.G.

#### Whisper of Didgeridu

# Экзотические ядра

Ю.Э.Пенионжкевич

**П**олучение и исследование свойств ядер, находящихся в экстремальном состоянии — экзотических ядер, — фундаментальная проблема ядерной физики. Подразумеваются ядра, имеющие большой угловой момент («бешено» вращающиеся), высокую энергию возбуждения («горячие»), сильную деформацию (супер- и гипердеформированные, ядра необычной формы), ядра с аномально высоким числом нейтронов или протонов (нейтроноизбыточные и протоноизбыточные), сверхтяжелые с числом протонов  $Z > 110$ . Изучение свойств ядерной материи в экстремальных состояниях дает важную информацию о свойствах микромира, что позволяет моделировать различные процессы, происходящие во Вселенной. Еще академик Г.Н.Флёрков писал: «Изотопы, далекие от области стабильности, — экстремальный объект исследования, дающий возможность получить максимум информации о строении ядра» [1].

## Полезный избыток

Весьма необычные ядерные системы с большим избытком нейтронов остаются в фокусе ядерной физики на протяжении многих лет. Научившись получать интенсивные пучки тяжелых ионов относительно низких (вблизи кулоновского барьера ядерной реакции), промежуточных (~100 МэВ/нуклон)



**Юрий Эрастович Пенионжкевич**, профессор, доктор физико-математических наук, начальник сектора Лаборатории ядерных реакций Объединенного института ядерных исследований (Дубна), заведующий кафедрой экспериментальных методов ядерной физики МИФИ. Область научных интересов — ядерные реакции с тяжелыми ионами, синтез и свойства нестабильных ядер, экспериментальные методы физики тяжелых ионов.

и высоких (~1 ГэВ/нуклон) энергий, экспериментаторы открыли с их помощью новые нуклонно-стабильные нейтроноизбыточные ядра с предельно большим избытком нейтронов. В области легчайших ядер были обнаружены также ядра, расположенные за предполагаемой границей нейтронной стабильности (*neutron drip line*), которые, будучи нейтронно-нестабильными, живут все же достаточно долго. Интерес к легким нейтроноизбыточным ядрам объясняется несколькими причинами, в последнее время он возрос в связи с обнаружением их необычных свойств. Но главный секрет их притягательности кроется в возможности установить границу между связанными (нуклонно-стабильными) и несвязанными (нуклонно-нестабильными) ядрами, т.е. границу нейтронной стабильности. Большой набор массовых формул не дает однозначной информации о стабильности та-

ких ядер. Теоретические предсказания положения этой границы остаются недостаточно определенными. Связанные ядра живут относительно долго по отношению ко времени протекания реакции, в которой они образовались, — эти ядра известны как радиоактивные. Время жизни  $t$ , при котором можно говорить, что ядро является радиоактивным, составляет более  $10^{-12}$  с. Распад несвязанных ядер, нестабильных по отношению к эмиссии нуклонов, оказывается относительно медленным в ядерных масштабах времени, но достаточно быстрым по сравнению с радиоактивным распадом. Время жизни таких ядер находится в широких пределах  $10^{-12} > t > 10^{-22}$  с (ядерные состояния со временем жизни в этом интервале иногда называют квазистационарными). К ним относятся  ${}^7\text{He}$ ,  ${}^9\text{He}$ ,  ${}^{10}\text{He}$ ,  ${}^{10}\text{Li}$ ,  ${}^{13}\text{Be}$  и др. Проявляются они в виде так называемых резонансов — максимумов на зависи-

© Пенионжкевич Ю.Э., 2010



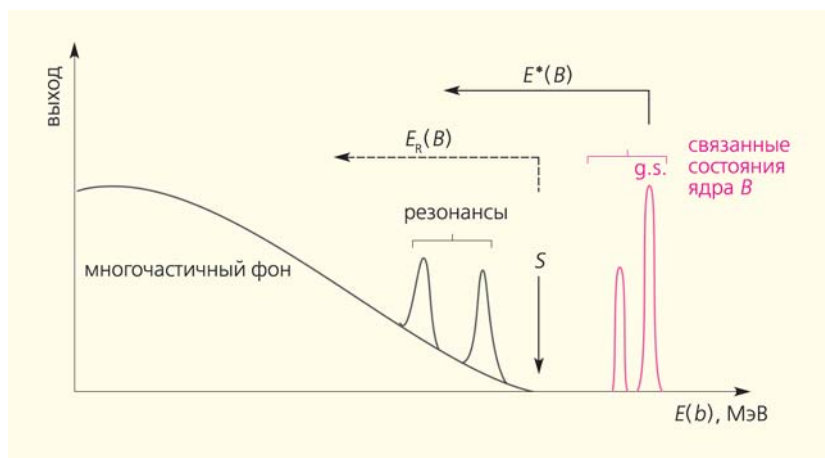


Рис.1. Схематичное представление энергетических спектров, получаемых в двухтелных реакциях.  $S$  — порог развала ядра,  $E^*(B)$  — энергия возбуждения ядра  $B$ ,  $E_R(B)$  — энергия развала ядра  $B$ .

мости вероятности процессов рождения различных ядер от энергии сопряженной искомой частицы (метод недостающих масс). Для реакции  $A(a,b)B$  измерение энергетического спектра одного продукта  $b$ , вылетевшего под определенным углом, позволяет извлечь информацию о характеристиках ядра  $B$  — массе

и возбужденных состояниях, даже в случае, когда ядро  $B$  нестабильно по отношению к испусканию нуклонов и прямая регистрация ядра  $B$  невозможна. Энергия резонанса отстоит от порога развала этой частицы ( $S$ ), сопровождающегося эмиссией одного или более нуклонов, на величину, равную энергии распада

(рис.1). Таким образом, наблюдение резонанса позволяет сразу определить две важные характеристики ядра — энергию распада и время жизни. Если  $t \sim 10^{-22}$  с, то считается, что ядра как такового не существует.

Проводимые в разных лабораториях мира эксперименты по изучению свойств экзотических ядер с экстремальными значениями соотношения числа нейтронов к числу протонов ( $N/Z$ ), сильно удаленных от линии стабильности ядер, позволили обнаружить ряд неожиданных феноменов: существование нейтронного и протонного гало в структуре таких ядер [2], новых областей деформации [3], новых типов распада; изменение в последовательности заполнения ядерных оболочек; ослабление и даже исчезновение стабилизирующих факторов известных «традиционных» оболочек; появление новых «магических» чисел [4] и т.д. Безусловно, самый яркий из перечисленных фактов — наличие в некоторых легких ядрах гигантского нейтронного ( $^{11}\text{Li}$ ) и протонного ( $^8\text{B}$ ) гало (рис.2). Число обнаруженных галообразных ядер все возрастает, причем они демонстрируют совершенно неожиданные свойства, которые не предсказывались заранее. Для проверки и развития существующих теоретических моделей, в том числе в астрофизике, подобные эксперименты чрезвычайно важны, что подтверждается обилием международных конференций [5] и публикаций, посвященных этой проблеме. Идет интенсивное накопление новой информации о свойствах легчайших ядер.

## Как получить

Искусственный синтез экзотических ядер — чрезвычайно сложная задача, требующая нетрадиционных методов решения. За последние годы она решается с помощью ускорителей тяжелых ионов, рассчитанных на

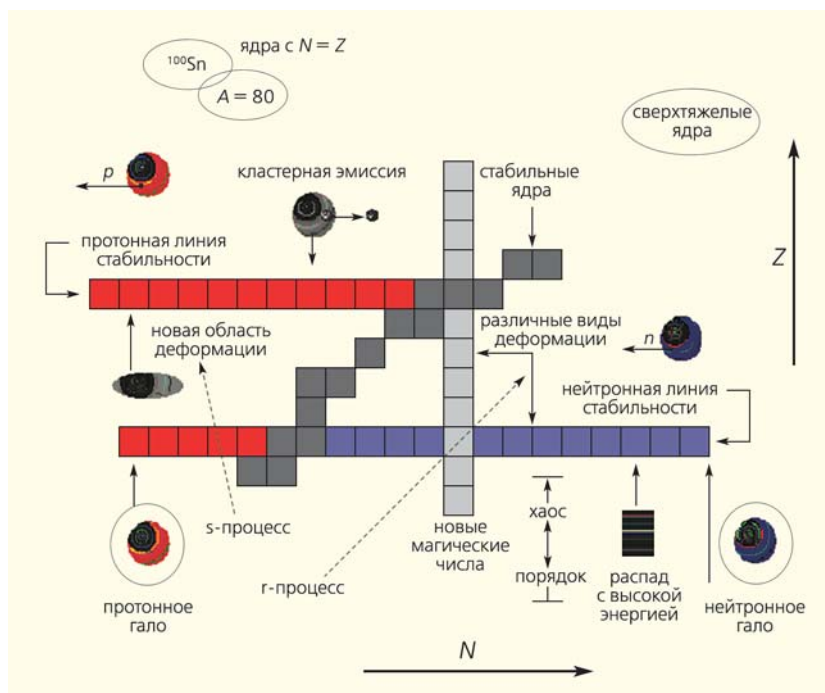


Рис.2. Схематическое представление нейтронно-протонной карты нуклидов с обозначением областей, где наблюдаются или ожидаются необычные состояния и распады ядер.

энергии от десятков мегаэлектронвольт до сотен гигаэлектронвольт. Чтобы началась ядерная реакция, энергия ускоренного ядра должна превышать кулоновскую энергию отталкивания двух положительно заряженных ядер, которая обычно составляет несколько десятков мегаэлектронвольт. При энергиях выше кулоновского барьера открываются различные каналы реакции, вероятность которых зависит от энергии ядра-снаряда, от свойств самих взаимодействующих ядер, а также от расстояния, на котором они сталкиваются (радиуса взаимодействия). На рис.3 схематически представлены различные процессы, происходящие с двумя сталкивающимися ядрами в зависимости от радиуса взаимодействия. Различают периферические столкновения, когда радиус взаимодействия равен или больше суммы радиусов двух взаимодействующих ядер, и центральные столкновения, когда радиус взаимодействия минимален.

При лобовых столкновениях с энергиями ниже порога фрагментации двух ядер ( $\sim 30$  МэВ/нуклон), который отвечает полному развалу обоих партнеров, в основном протекают реакции полного слияния ядер мишени и бомбардирующего иона. Образуется новое составное ядро с зарядом и массой, близкими к сумме зарядов и масс двух взаимодействующих ядер. Оно имеет очень высокую температуру, так как вся кинетическая энергия бомбардирующей частицы переходит во внутреннюю энергию возбуждения нового ядра и большой угловой момент (большую скорость вращения). В таком состоянии это экзотическое ядро существует лишь  $10^{-14}$ – $10^{-16}$  с и затем становится более «нормальным», «остывающим» и снижает скорость вращения. Релаксация энергии может происходить различными путями. Тепловая энергия кипящего ядра сбрасывается в основном за счет испарения нейтронов и заряженных частиц (по аналогии

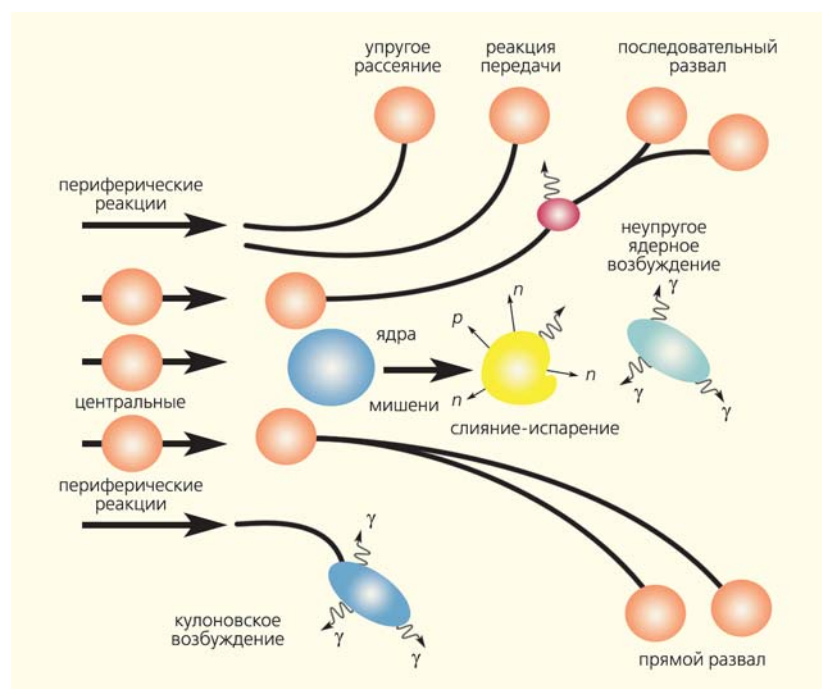


Рис.3. Различные ядерные реакции между двумя сложными ядрами для центральных и периферических столкновений. Стрелками показаны каналы «охлаждения» образующихся «горячих» ядер: прямыми — испарение протонов и нейтронов, извилистыми — вылет гамма-квантов.

с горячей водяной каплей), а энергия вращения — за счет испускания гамма-квантов. После этого ядро переходит в основное состояние, уменьшая массу на число испарившихся нейтронов, которое может достигать значительной величины (до 18–22 нейтронов). В результате может образоваться новое сильноейтронедефицитное экзотическое ядро, расположенное на границе ядерной стабильности (это один из способов получения экзотических ядер). Кроме того, хотя горячее начальное составное ядро и живет всего  $10^{-16}$  с, испаряющиеся нуклоны сообщают экспериментаторам информацию о его состоянии — температуре (ядерный термометр), угловом моменте, плотности нуклонов. Поэтому, измеряя характеристики испущенных из составного ядра нуклонов, можно также делать выводы о свойствах ядерной материи в экстремальном состоянии с высокой температурой.

В ядро, как и во всякое другое вещество, нельзя закачать любую энергию. При определенной энергии может наступить фазовый переход, например жидкость—газ. И при критической температуре ядро превращается в плазму — четвертое состояние вещества. В космических масштабах это происходит при взрывах звезд. Экспериментально к такому состоянию пытаются приблизиться, используя ускорители тяжелых ионов высоких энергий. Вопрос о значении максимальной критической температуры ядра — один из фундаментальных вопросов ядерной физики.

Кроме реакций слияния могут протекать и иные процессы — реакции передачи нуклонов, развала бомбардирующего ядра с захватом части его ядром мишени и другие, которые успешно используются для получения и изучения различных экзотических состояний ядерной материи. С увеличением энергии бомбардирующего ядра,

когда достигается порог фрагментации, ядра начинают раскалываться (фрагментировать) на множество более легких осколков с широким набором масс, зарядов, температур. И здесь основной задачей экспериментаторов становится выделение ядра в определенном состоянии на фоне огромного числа других ядер. Для этого используются различные детекторы частиц, позволяющие измерять с высоким разрешением заряд, массу, импульс, координату вылета, а также определять их температуру, угловой момент и время жизни, которое часто составляет лишь  $10^{-20} - 10^{-21}$  с. Такие детекторы, как правило, регистрируют ядра, измеряя степень ионизации вещества детектора, прямо зависящую от массы и заряда частиц. Из нескольких сотен детекторов, расположенных вокруг мишени и перекрывающих практически

все углы ( $4\pi$ -геометрия), создают сложные спектрометры.

Оказалось, что в реакциях фрагментации могут в больших количествах образовываться ядра как сильнонейтроноизбыточные, так и сильнонейтронодефицитные. Избыток или дефицит нейтронов в конечных продуктах диктуется соотношением нейтронов и протонов в бомбардирующем ядре. В совместных экспериментах Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ в Дубне и Национальной лаборатории GANIL во Франции был использован пучок редкого изотопа кальция-48, содержащегося в породах в ничтожных количествах и полученного в России на специальных электромагнитных разделительных установках. Это самый нейтронообогащенный изотоп (20 протонов и 28 нейтронов), встречающийся в природе. В экспериментах было получено более 30 новых

нейтроноизбыточных изотопов, расположенных у самой границы ядерной стабильности, — бор-19, углерод-20, азот-23, кислород-24 и др.

Впоследствии, с развитием пучковой техники, стало возможным ускорять ионы элементов с большим  $Z$ . Так, на пучке  $^{56}\text{Fe}$  был синтезирован самый тяжелый изотоп бора  $^{19}\text{B}$ . Последующие эксперименты с использованием пучков  $^{48}\text{Ca}$  при энергии  $\sim 50$  МэВ/А не только подтвердили полученные ранее результаты по нуклонной стабильности ядер  $^{14}\text{Be}$ ,  $^{19}\text{B}$ ,  $^{20}\text{C}$  и  $^{27}\text{F}$ , но также привели к обнаружению новых связанных нейтроноизбыточных ядер  $^{22}\text{C}$ ,  $^{31}\text{F}$ ,  $^{29-32}\text{Ne}$  [6]. В области легчайших ядер были зарегистрированы также ядра, расположенные за границей нейтронной стабильности.

На рис.4 представлена  $(N-Z)$ -диаграмма изотопов. Стабильные ядра, существую-

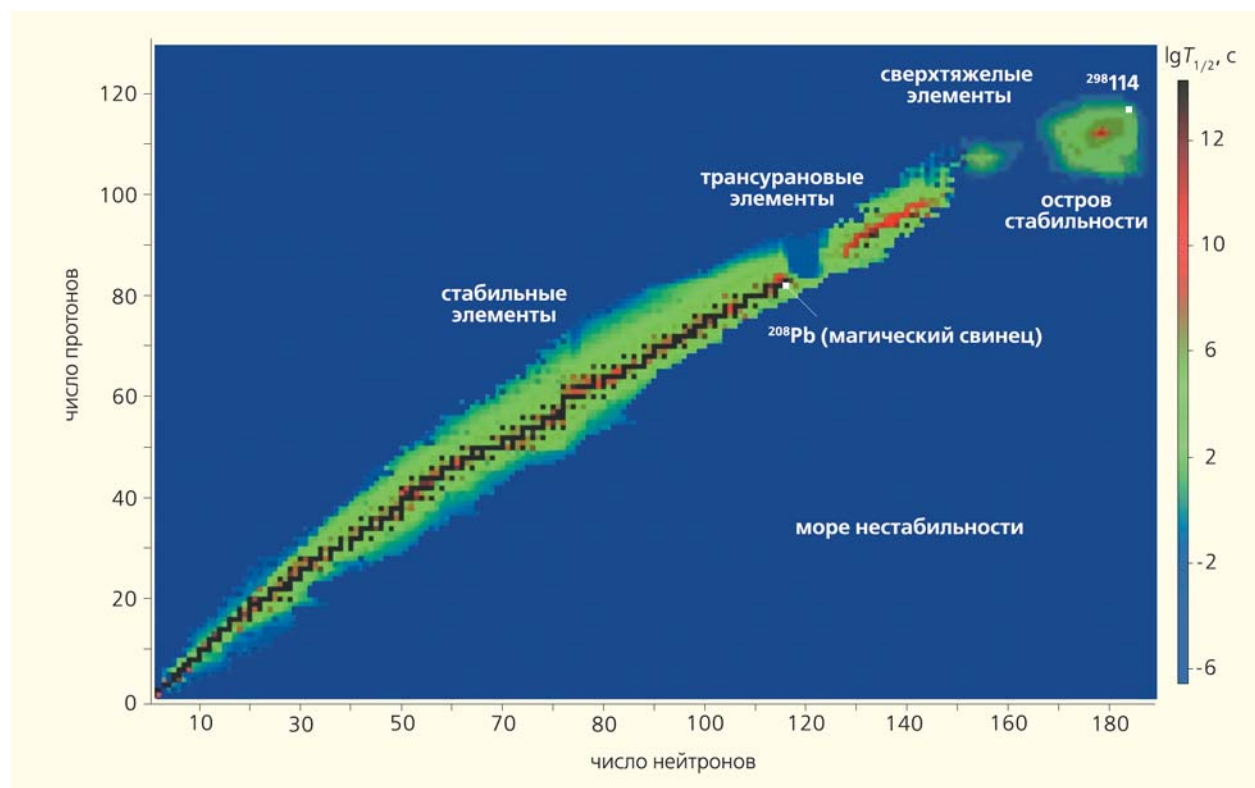


Рис.4. Нейтронно-протонная карта нуклидов. Черными квадратами представлены ядра стабильные или долгоживущие. Зеленая область — ядра, испытывающие электронный распад ( $\beta^-$  и  $\beta^+$ ) — предполагаемая область стабильных ядер. За этой областью начинается «море» нестабильности. Нижняя часть области определяет нейтронную границу стабильности ( $n$ -распад), верхняя — протонную ( $p$ -распад).

щие в природе, на диаграмме представлены черными квадратами. Всего их 273. Со стороны легких ядер удалось синтезировать последние ядра у границ нуклонной стабильности. Однако для тяжелых ядер область их существования ограничивают кулоновские силы. Короткодействующие ядерные силы не могут компенсировать кулоновские силы отталкивания, и тяжелые ядра с числом протонов  $Z > 90$  распадаются (спонтанное деление) с образованием двух более стабильных ядер — осколков деления. Этим же объясняется и то, что ядра тяжелее урана ( $Z = 92$ ) в природе пока не найдены. За границей нуклонной стабильности начинается море нестабильных ядер (голубой цвет), хотя и в нем, как предполагают теоретики, могут возникать островки стабильности — предмет усиленного поиска экспериментаторов. Впрочем, даже просто установить положение границы стабильности — задача сама по себе важная и достаточно сложная. Радиоактивные ядра, находящиеся между линиями нейтронной и протонной стабильности (а их около 7000), могут быть синтезированы только искусственно в лабораторных условиях. Число еще неизвестных ядер составляет около 4 тыс., так что путь к линии стабильности, особенно в области средних и тяжелых масс ядер, еще долог.

## Тяжелые среди легчайших

Для ядер легчайших элементов (изотопов водорода, гелия, лития, бериллия) граница стабильности уже достигнута, т.е. синтезированы все ядра, в которых энергия связи нуклона положительна\*.

Между тем даже несвязанные ядра (с отрицательной энергией связи) могут существовать

\* Энергия связи — некоторая величина, характеризующая стабильность ядер: для стабильных ядер она положительна, для нестабильных — отрицательна.

как ядерные системы, когда взаимодействие нуклонов объединяет их в виде чрезвычайно короткоживущих ( $\sim 10^{-21}$  с) резонансов. Исследование таких резонансных состояний несвязанных ядерных систем дает важнейшую информацию о возможности продвинуться ближе к островкам стабильности. Первый такой островок предсказывается теорией для чисто нейтронных ядер с числом нейтронов начиная с 20. Однако сегодня в лабораторных условиях синтезировать такие нейтронные ядра практически невозможно.

Пока удалось оценить стабильность динейтрона ( $2n$ ), тринейтрона ( $3n$ ) и тетранейтрона ( $4n$ ). Они оказались несвязанными, однако для динейтрона был обнаружен резонанс, на основе чего был сделан вывод, что эта система почти связанная (очень маленькая отрицательная энергия связи, около 70 кэВ). Два последних ядра ( $3n$ ,  $4n$ ) не наблюдались даже в виде короткоживущей квантовой системы, хотя делались многократные попытки ее обнаружения.

Интригующая ситуация сложилась со свойствами сверхтяжелых изотопов водорода и гелия. Сначала была открыта так называемая гелиевая аномалия: стабильность ядер с увеличением числа нейтронов при приближении к линии стабильности не уменьшалась, а даже увеличивалась (ядро  $^8\text{He}$  оказалось более стабильным, чем ядро  $^6\text{He}$ ). Такую же зависимость установили и для несвязанных изотопов гелия:  $^5\text{He}$ ,  $^7\text{He}$ ,  $^9\text{He}$ ,  $^{10}\text{He}$ . В системе  $^{10}\text{He}$  (два протона и восемь нейтронов) был обнаружен резонанс, который свидетельствовал, что в этом ядре отрицательная энергия связи составляет лишь 1 МэВ. Впоследствии подобная аномалия наблюдалась и для тяжелых несвязанных изотопов водорода ( $^6\text{H}$  оказался более стабильным, чем  $^4\text{H}$ ), проявляющихся в виде резонансных состояний. Таким образом, стабильность этих ядер не столь сильно уменьша-

ется, как это предсказывалось различными теоретическими моделями. Данные закономерности в поведении энергии связи тяжелых изотопов легчайших элементов укрепляют оптимизм относительно наличия острова стабильности для сильней-тронноизбыточных изотопов легких элементов.

Исследование свойств ядер, сильнообогащенных нейтронами, позволило обнаружить еще одно интересное явление — существование так называемых нейтронных гало. Оно присуще слабосвязанным ядрам, находящимся у границы стабильности:  $^6\text{He}$ ,  $^8\text{He}$ ,  $^{11}\text{Li}$ ,  $^{14}\text{Be}$ ,  $^{17}\text{B}$ . Для них было экспериментально установлено высокое значение радиуса ядра. Так, оказалось, что у  $^{11}\text{Li}$  два слабосвязанных нейтрона находятся на большом удалении от основного остова (кора), представляющего собой ядро  $^9\text{Li}$ . У ядра  $^{11}\text{Li}$  радиус составляет 12 фм (1 фм =  $10^{-13}$  см), тогда как у  $^9\text{Li}$  он равен 2.5 фм. Было сделано предположение, а потом и показано экспериментально, что в  $^{11}\text{Li}$  существует двухнейтронное гало в виде динейтрона. Такая необычная структура проявляется самым разным образом, в частности, сильно увеличивается вероятность протекания ядерных реакций, которая пропорциональна радиусам взаимодействующих ядер. Эта особенность ядер с гало сыграла немаловажную роль для развития нового направления ядерной физики — физики с пучками ускоренных экзотических ядер.

Таким образом, новые факты, вскрывшиеся в последние годы при изучении свойств легчайших ядер у границы нейтронной стабильности, привели к необходимости пересмотра наших представлений об этих ядрах. Остается ряд вопросов, на которые в ближайшее время должен быть получен экспериментальный ответ.

Во-первых, какова структура ядер с нейтронным гало. Для таких ядер предсказываются возбужденные состояния, которые



могут распадаться с испусканием сложных кластеров.

Во-вторых, необходима информация о существовании нейтронного гало в более тяжелых ядрах (пока известны только пять ядер с двухнейтронным гало и всего два ядра с однеитронным гало:  $^{11}\text{Be}$  и  $^{19}\text{C}$ ).

Наконец, вопрос о корреляции нуклонов в нейтронном гало. С ним связана проблема существования динеитрона и тетранейтрона в таких ядрах.

Ответы на эти вопросы могут быть получены при использовании реакций с пучками радиоактивных ядер, о которых пойдет речь ниже.

## Вблизи магических чисел

Простая качественная интерпретация энергии связи в ядрах указывает на сильную чувствительность энергии (а следовательно, и стабильности) к поверхностным эффектам (кулоновскому расталкиванию, гало и т.д.), особенно вблизи магических чисел — 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126. Оболочечная модель предписывает ядрам с магическим или дважды магическим числом нейтронов быть более стабильными, чем соседние. Влияние оболочек в ядрах, удаленных от линии стабильности, изучают, систематически измеряя массы этих ядер и вычисляя с их помощью энергии отделения нейтронов ( $S_n$ ,  $S_{2n}$ ).

Экспериментальные исследования ядер более тяжелых элементов в области замкнутых нейтронных оболочек  $N = 20$  и  $N = 28$  показали, что по мере удаления от стабильных ядер свойства (энергия связи, деформация, правила заполнения энергетических уровней и др.) сильно меняются. Возникают неожиданные эффекты, приводящие к изменению (уменьшению или увеличению) стабильности этих ядер у границ нуклонной стабильности. Проявление новых оболочек обнаружено у нейтроноизбыточных ядер с  $Z \geq 8$ . Так, вместо хорошо известных для

этой области магических чисел, обнаружены новые: 16, 22 или 26. Стало ясно, что теоретические представления о свойствах таких ядер надо пересматривать.

Для большинства легких сильнонейтроноизбыточных ядер вблизи оболочек  $N = 20$  и  $N = 28$  обнаружено еще одно необычное свойство — так называемое сосуществование двух форм: сферической и деформированной.

Экспериментально установлено, что граница нейтронной стабильности для фтора, неона и натрия достигнута при гораздо большем соотношении нейтронов и протонов ( $N - Z$ )/ $Z$ , чем для изотопов кислорода ( $^{24}\text{O}$  — последний связанный изотоп). Удивительно, но добавление одного протона к  $^{24}\text{O}$ , приводящее к образованию  $^{25}\text{F}$ , позволяет удерживать в ядре фтора еще шесть дополнительных нейтронов ( $^{31}\text{F}$  имеет 22 нейтрона, а  $^{24}\text{O}$  — 16)! Кроме того, экспериментально доказано, что магическое ядро  $^{28}\text{O}$  ( $N = 20$ ) — несвязанное. Все это еще раз свидетельствует об изменении роли магических чисел 8, 20, 28 для стабильности ядер, удаленных от долины стабильности.

Для изотопов магния, серы, фосфора, кремния, хлора увеличение энергии связи наблюдается в районе чисел  $N = 22$  и  $N = 26$ . Особенно наглядно видно исчезновение оболочки с  $N = 28$  и появление новой с  $N = 26$  для изотопов хлора. Измеренная экспериментально [4] энергия связи двух нейтронов ( $S_{2n}$ ) у этих изотопов оказалась существенно выше значений, экстраполированных по данным о массах [7].

Впервые аномальные значения массы и периода полураспада были получены для  $^{31}\text{Na}$ . Это ядро, находящееся далеко от долины стабильности, оказалось более связанным, чем ожидалось. Позднее такая же ситуация обнаружилась и у изотопов магния ( $^{31,32,33}\text{Mg}$ ).

Для объяснения свойств ядер в этой области (ее называют областью инверсии) приходится

предположить, что привычный порядок заселения нейтронами уровней нарушается, из-за чего ядро становится деформированным. На рис.5 представлены результаты расчетов потенциальной энергии для изотопов  $^{28}\text{Ne}$ ,  $^{32}\text{Mg}$  и  $^{34}\text{Si}$  в зависимости от деформации. Наличие локальных минимумов для деформаций, отличных от сферических, указывает на упомянутое выше сосуществование форм, а возможно, и на проявление новых форм изомерии ядер.

Таким образом, за счет деформационных эффектов энергия связи ядра действительно может несколько увеличиться. Смешивание оболочечных конфигураций влечет за собой смешивание форм, т.е. для одного и того же ядра можно наблюдать различные формы — деформированные и сферические.

Ярким примером здесь служит ситуация со стабильностью  $^{28}\text{O}$ . Граница нуклонной стабильности для изотопов кислорода остается там, где она предсказывается для сферических ядер. Ядро  $^{28}\text{O}$  нестабильно, хотя соседнее ядро  $^{29}\text{F}$ , у которого такое же число нейтронов ( $N = 20$ ), стабильно. Вероятно, в данном случае — когда число нейтронов одно и то же, а число протонов отличается на единицу — деформация или протон-нейтронное взаимодействие играет более важную роль для стабильности ядер, чем оболочечные эффекты. Здесь уместно вспомнить изотоп  $^{11}\text{Li}$ , где наличие дополнительного (по сравнению с нестабильным  $^{10}\text{He}$ ) протона делает ядро нуклонно-стабильным.

Недавно в совместном эксперименте RIKEN (Япония) — ОИ-ЯИ была обнаружена ядерная стабильность самого тяжелого изотопа фтора —  $^{31}\text{F}$  [8]. Если самые тяжелые нуклонно-стабильные изотопы азота и кислорода ( $Z = 7, 8$ ) имеют 16 нейтронов, то самый тяжелый изотоп фтора ( $Z = 9$ ) — 22. Только учет эффектов деформации объясняет стабильность  $^{31}\text{F}$  (как, впрочем,

и  $^{29}\text{F}$ ) вопреки ожидаемому преимуществу сферической конфигурации, связанной с оболочкой  $N = 20$ . Окончательное доказательство этому могут дать прямые эксперименты по измерению масс или деформаций в этой области ядер.

Достаточно ярко влияние эффектов деформации при продвижении в область нейтронного избытка проявляется для изотопов магния —  $^{37,38}\text{Mg}$ . Как уже отмечалось, при наличии деформации ядер границы нуклонной стабильности изменяются. С ростом числа нейтронов влияние оболочек  $N = 20$  и  $N = 28$  ослабевает. Недавно была подтверждена стабильность ядра  $^{40}\text{Mg}$  [9].

Итак, у большинства легких ядер вблизи оболочек  $N = 20$  и  $N = 28$  встречается сосуществование двух форм — сферической и деформированной в основном состоянии. Это привело к ревизии оболочечных моделей для предсказания линии стабильности легких ядер и к признанию новых оболочечных чисел  $N = 16, 26$ . Для дальнейшего развития наших представлений о свойствах ядерной материи при большом изотопическом спине данная проблема очень важна. Поэтому практически во всех научных центрах, где имеются ускорительные комплексы стабильных и радиоактивных пучков тяжелых ионов, реализуется физическая программа, направленная на синтез и изучение свойств ядер у границ нуклонной стабильности вблизи оболочечных чисел  $N = 20$  и  $N = 28$ .

## Пучки в действии

Для исследования свойств экзотических ядер часто требуются их пучки, ускоренные до энергий выше кулоновского барьера взаимодействия, — чтобы протекала соответствующая ядерная реакция между экзотическим ядром и ядром мишени. Регистрируя в эксперименте продукты таких реакций, можно де-

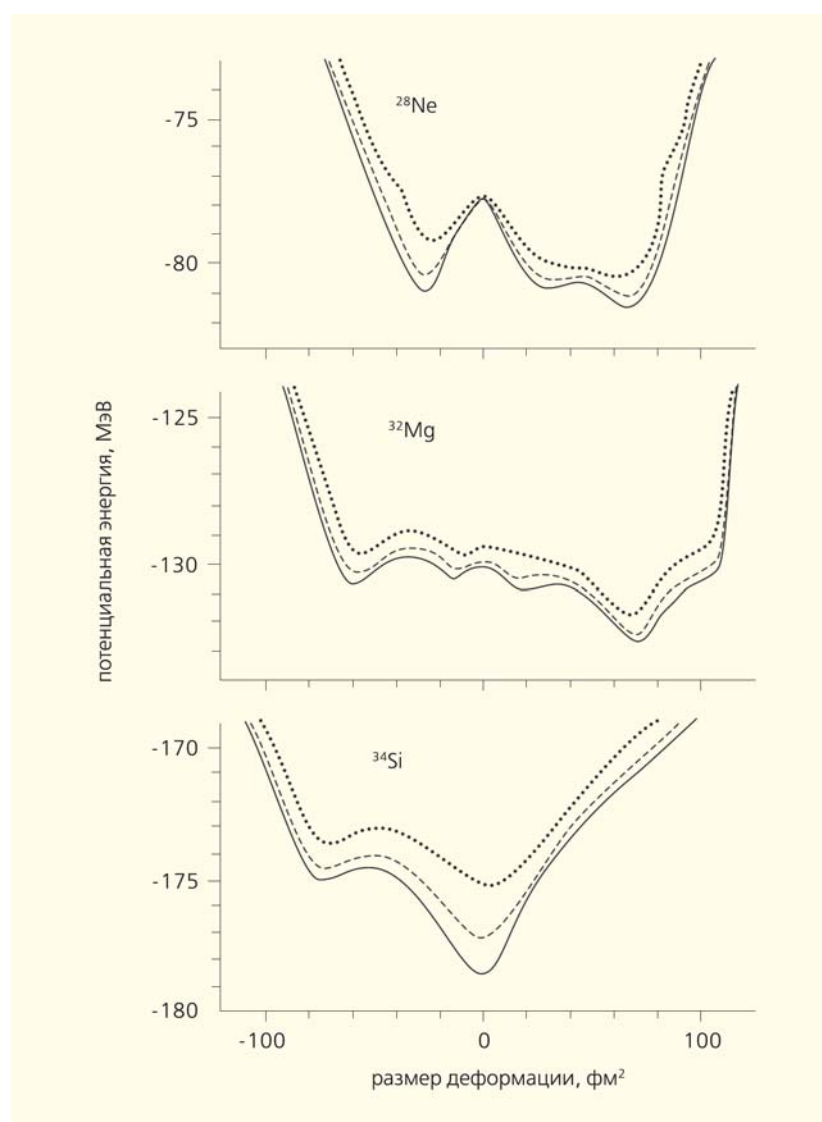


Рис.5. Зависимости потенциальной энергии от деформации для ядер  $^{28}\text{Ne}$ ,  $^{32}\text{Mg}$ ,  $^{34}\text{Si}$ .

лать выводы о свойствах самих взаимодействующих ядер. Проблема использования пучков экзотических ядер для физических исследований сводится в основном к трем задачам:

- получению пучков экзотических ядер нужной интенсивности,
- ускорению их до необходимой энергии,
- регистрации продуктов ядерных реакций с экзотическими ядрами или продуктов их распада.

Физики-экспериментаторы давно обратили внимание на то, что при бомбардировке ядрами,

ускоренными до энергий более 30 МэВ/нуклон (выше порога фрагментации ядра), образуется довольно большое количество новых ядер, летящих под передними углами (в том же направлении, что и первоначальные бомбардирующие ядра) и с энергиями, близкими к энергии бомбардирующего ядра. В этом случае проблема последующего ускорения образующихся новых ядер отпадет. Таким образом, необходимо каким-то способом выделить из всего диапазона образующихся ядер моноизотопный пучок, т.е. произвести селекцию продуктов ядерных реакций по

массе ( $A$ ) и заряду ( $Z$ ), а потом сформировать из выделенных продуктов пучок с необходимыми для его дальнейшего исследования параметрами (диаметром, расходимостью, энергией и др.).

Эта проблема была решена с использованием магнитных фрагмент-сепараторов. Несколько последовательных магнитных систем позволяют многократно сортировать продукты по соотношению импульса ( $p$ ) и заряда ( $q$ ). Расположив фрагмент-сепаратор после производящей экзотические ядра мишени, удастся получать пучки короткоживущих ядер близ границ стабильности с временами жизни до нескольких сотен микросекунд.

Другой эффективный метод получения относительно интенсивных пучков радиоактивных ядер — ISOL (Isotope Separator On-Line)-метод, который в основном и используется сейчас на всех ускорительных комплексах. В настоящее время почти во всех крупных центрах, располагающих сильноточными

ми ускорителями, работают так называемые фабрики радиоактивных пучков. В Европе в рамках ЕЭС создается ряд таких фабрик (рис.6). В Дубне на базе двух циклотронов Лаборатории ядерных реакций построен ускорительный комплекс пучков радиоактивных ядер (DRIBs), который дает пучки  ${}^6\text{He}$  рекордной на данный момент интенсивности (до  $10^8 \text{ с}^{-1}$ ). В течение 2011—2015 гг. в Дубне будет реализован проект ускорительного комплекса DRIBs-3, который позволит получать более интенсивные пучки радиоактивных ядер.

Получив пучки экзотических ядер, экспериментатор при изучении их свойств сталкивается с новыми проблемами. Интенсивность пучка таких ядер относительно мала: на пять-шесть порядков меньше интенсивности первичного пучка, их производящего, и в лучшем случае составляет  $10^7$  ядер в секунду. Поэтому приходится использовать чрезвычайно чувствительные

методики, высокоэффективные прецизионные спектрометры, такие как спектрометры полного телесного угла. Благодаря высокой эффективности используемых спектрометров удастся исследовать уже вторичные реакции взаимодействия экзотических ядер с ядрами мишени.

Пучки ускоренных радиоактивных ядер дают возможность получать и изучать ядра с максимально возможным числом нейтронов (нейтроноизбыточные) или протонов (протоноизбыточные). Это позволяет существенно продвинуться в традиционных направлениях ядерной физики: при синтезе новых ядер и изучении их свойств. Свойства эти, как показали уже первые эксперименты с радиоактивными пучками, могут значительно отличаться от известных и предсказанных ранее для ядер долины стабильности. Можно рассчитывать на принципиально новую информацию о механизме ядерных реакций с такими пучками, на который

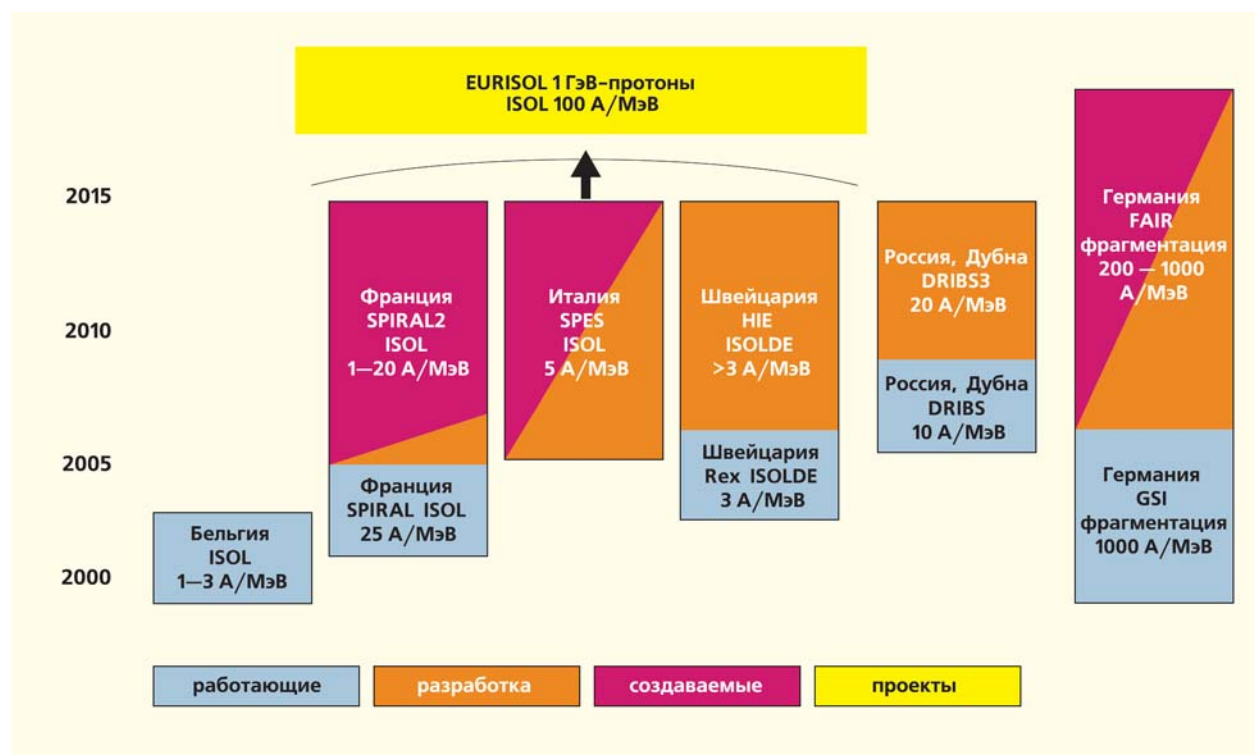


Рис.6. Европейские фабрики радиоактивных пучков — настоящее и будущее. Дорожная карта Европейского общества ядерной физики.

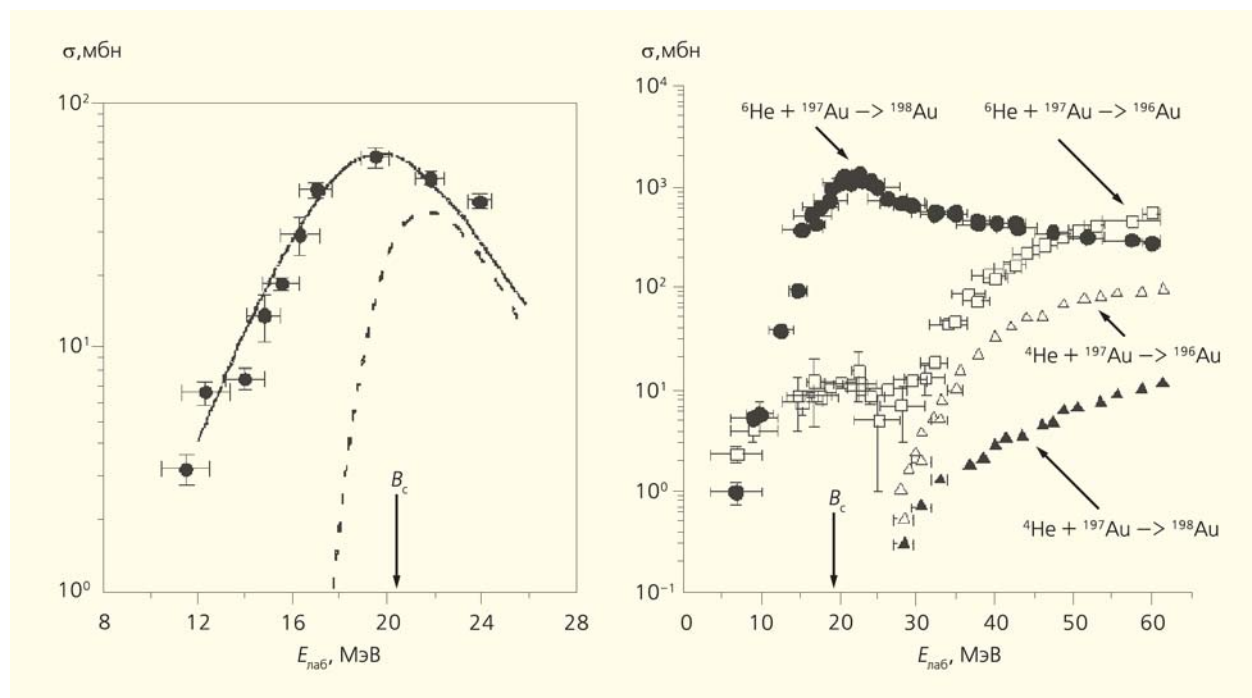


Рис.7. Зависимости сечений реакций полного слияния ядер  ${}^6\text{He}$  с ядрами  ${}^{206}\text{Pb}$  (слева) с образованием составных ядер  ${}^{210}\text{Po}$  и реакций передачи (●) и срыва (□) одного нейтрона на ядрах  ${}^{197}\text{Au}$  с пучками  ${}^6\text{He}$  и  ${}^4\text{He}$  — ▲, △ соответственно (справа) от энергии бомбардирующего пучка в лабораторной системе координат ( $E_{\text{лаб}}$ ). Стрелкой показано значение энергии кулоновского барьера ( $B_c$ ).

значительно влияет структура взаимодействующих ядер.

Проблема взаимодействия ядер с нейтронным гало уже много лет служит предметом экспериментальных и теоретических исследований. Однако до сих пор не поставлена точка в списке особенностей такого взаимодействия. Большой интерес с этой точки зрения представляют реакции с пучками  ${}^6\text{He}$ , приводящие в результате их слияния с ядрами мишени к образованию составных ядер, которые затем распадаются по каналам испарения нейтронов или деления. В одной из первых экспериментальных работ, в которой изучалась реакция деления составного ядра, образовавшегося при взаимодействии  ${}^6\text{He}$  с ядрами  ${}^{209}\text{Bi}$  [10], было обнаружено существенное увеличение сечения таких реакций в подбарьерной области энергий (по сравнению с расчетами по статистической модели). Несколько ранее рост вероятности слияния в подбарьерной области для

ядер с нейтронным гало был предсказан в ряде теоретических работ. Их авторы показали, что вероятность проникновения через потенциальный барьер ядер с нейтронным гало может увеличиваться, когда нейтронная плотность в них распределена на большей дистанции по сравнению с обычными атомными ядрами, расположенными вблизи долины стабильности. Такие распределения могут привести к «спариванию коллективных степеней свободы» и, соответственно, к увеличению сечения реакции взаимодействия, особенно в подбарьерной области энергий. Эксперимент, проведенный в Дубне на ускорительном комплексе DRIBs, подтвердил, что вероятность слияния ядер с нейтронным гало вблизи кулоновского барьера возрастает [11]. На левой части рис.7 представлены экспериментальные результаты по измерению сечения реакций слияния  ${}^6\text{He}$  при различных энергиях. Значения этих сечений не со-

гласуются с предсказанием статистической модели (которая в принципе хорошо описывает такого типа взаимодействия): они оказались заметно больше расчетных. Как демонстрирует рис.7, даже при энергии частиц  ${}^6\text{He}$ , много меньшей кулоновского барьера, вероятность образования  ${}^{210}\text{Po}$  — продукта реакции после испарения из составного ядра двух нейтронов — составляет заметное значение  $\sim 10$  мбн ( $1 \text{ барн} = 10^{-28} \text{ м}^2$ ). На этом же рисунке представлены результаты расчетов по двухступенчатой модели слияния, предложенной в работе [12]. Предполагается, что происходит последовательная передача нейтронов из ядра  ${}^6\text{He}$  ядру мишени, энергия возбуждения ядерной системы при этом возрастает на величину, существенно превышающую энергию кулоновского барьера, благодаря чему на последнем этапе  $\alpha$ -частица проникает через барьер. Согласие экспериментальных данных с расчетными говорит о том, что процесс последо-



вательной передачи нейтронов для ядер с нейтронным гало, по-видимому, является одним из факторов, влияющих на вероятность слияния и увеличивающих сечение реакции в глубоко подбарьерной области энергий. Поэтому для галообразных ядер реакции передачи нейтронов должны протекать с большой вероятностью. В работе [11] было обнаружено, что сечение реакции передачи нейтрона из ядра  ${}^6\text{He}$  ядру мишени, достигая максимума на кулоновском барьере, плавно спадает до значения (рис.7), соответствующего порогу реакции. Большое сечение передачи одного нейтрона (несколько барн) и его плавное уменьшение в область низких энергий (до 5 МэВ) свидетельствует о том, что с ядром мишени нейтроны ядра  ${}^6\text{He}$  взаимодействуют как квазисвободные.

Аналогичный пример хорошо известен для  $dp$ -реакций, для которых в глубокоподбарьерной области энергий наблюдается существенное увеличение сечения (так называемый эффект Оппенгеймера—Филипса) [13], связанное с поляризацией слабосвязанного дейтрона. Данное явление было использовано в термоядерной реакции, сопровождающейся колоссальным выделением энергии. В случае реакции с  ${}^6\text{He}$  этот эффект выражен сильнее из-за меньшей энергии связи ядра  ${}^6\text{He}$  по сравнению с дейтроном, больших кулоновских сил, производящих поляризацию  ${}^6\text{He}$ , и более выгодной энергетики этой реакции.

Физики научились также использовать необычные свойства экзотических ядер для получения не менее экзотических, в свою очередь, нуклидов. Ранее уже говорилось об интересе к синтезу супернейтроноизбыточных ядер легчайших элементов, таких как водород-6, гелий-10 и др. Реакции с пучками стабильных ядер для этих целей оказываются слабоэффективными из-за низкой вероятности образования искоемых продуктов.

Зато, используя пучок ядер лития-11, японские исследователи получили информацию о стабильности ядра гелия-10, которое, как уже отмечалось, оказалось более стабильным, чем ожидалось. Сейчас в Дубне в реакциях с радиоактивными пучками делаются попытки получения более тяжелых изотопов водорода-7, -8, гелия-12 и др. [14].

## Ядерная астрофизика

Исследование свойств экзотических ядер играет принципиальную роль в современной ядерной астрофизике. Наибольший интерес здесь представляют процессы выделения энергии при рождении и взрыве звезд, а также образования различных химических элементов (нуклеосинтез) во Вселенной. Обе эти проблемы непосредственно связаны с исследованиями, основанными на методах ядерной физики, и в частности физики экзотических ядер.

Основную роль в астрофизических процессах играют ядерные реакции, идущие с захватом протонов,  $\alpha$ -частиц или нейтронов различными ядрами, в том числе и нестабильными. Определение скорости протекания таких реакций — сложная экспериментальная задача. Их вероятность зависит от температуры объекта; в процессе невзрывной эволюции звезды ее температура относительно низкая, и вероятность протекания реакции также невелика. Зато при взрыве температура достигает  $10^8$ – $10^9$  К, и вероятность реакции увеличивается на много порядков. Для моделирования подобных процессов необходимо иметь широкий диапазон радиоактивных ядер, которые играют основную роль при взрыве звезд. В этом случае физики используют прямой метод исследования характерных реакций с пучками радиоактивных (экзотических) ядер на легких мишенях из водорода, гелия или углерода.

Реакции со слабосвязанными ядрами, протекающими при энергиях, близких к кулоновскому барьеру, для астрофизики особенно интересны. Эти реакции имеют много особенностей, которые были обнаружены в последнее время с помощью пучков радиоактивных ядер. Одна из них — рост сечений взаимодействия в подбарьерной области энергий. Сильнее всего этот эффект проявляется для ядер с нейтронным гало [11], структура которых, как уже отмечалось выше, приводит к глубокоподбарьерным реакциям. При нуклеосинтезе большое сечение взаимодействия кластерных слабосвязанных ядер ( ${}^6\text{He}$ ,  ${}^7\text{Li}$ ,  ${}^7\text{Be}$  и др.) может изменить цепочки  $\beta$ -распадов, приводящих к образованию различных элементов, а следовательно, и весь сценарий нуклеосинтеза [15].

Для определения скорости реакции, а также относительно содержания элементов во Вселенной важны спектроскопические данные о свойствах ядер, удаленных от линии стабильности. Эти данные используются для описания процессов медленного и быстрого захвата нейтронов ( $s$ - и  $r$ -процессы соответственно). Последовательный медленный захват нейтронов ядрами, сопровождающийся конкурирующим позитронным распадом этих ядер, ведет к определенным цепочкам в образовании различных изотопов в области нейтронодефицитных ядер (см. рис.8) и определяет их содержание в природе. Быстрый же процесс захвата нейтронов ответствен за образование нейтроноизбыточных изотопов. Скорость захвата нейтронов также зависит от температуры объекта. Поэтому, зная, например, содержание элементов в нашей Галактике, а также получив экспериментальную информацию о времени жизни тех или иных изотопов, входящих в цепочки  $r$ -процесса, можно достаточно точно определить температуру объекта, бывшего источником обра-

зования элементов (температуру звезды).

Реакции захвата нейтронов останавливаются на так называемых поворотных ядрах, поэтому особенно важно знать характеристики распада ядер в поворотных точках  $r$ -процесса. На рис.8 в качестве примера приведена схема быстрого нейтронного захвата в области ядер S, Cl и Ar, построенная по результатам совместного эксперимента ОИЯИ—GANIL на пучках ускорителя тяжелых ионов. В этих экспериментах были с высокой точностью определены периоды полураспада ( $T_{1/2}$ ) и вероятности нейтронного распада ( $P_n$ ) нейтроноизбыточных изотопов ядер S, Cl и Ar. С использованием этих данных были рассчитаны максимальное время облучения нейтронами, нейтронный поток и соответствующая ему температура звезды, испускающей нейтроны. С их помощью удалось объяснить аномально низкое содержание  $^{46}\text{Ca}$  по сравнению с  $^{48}\text{Ca}$ , обнаруженное при исследовании метеорита ЕК-1-4-1 [16].

Таковы лишь несколько примеров связи физики атомного ядра с макроскопической физикой. Несмотря на малое число частиц, участвующих в формировании атомного ядра (не бо-

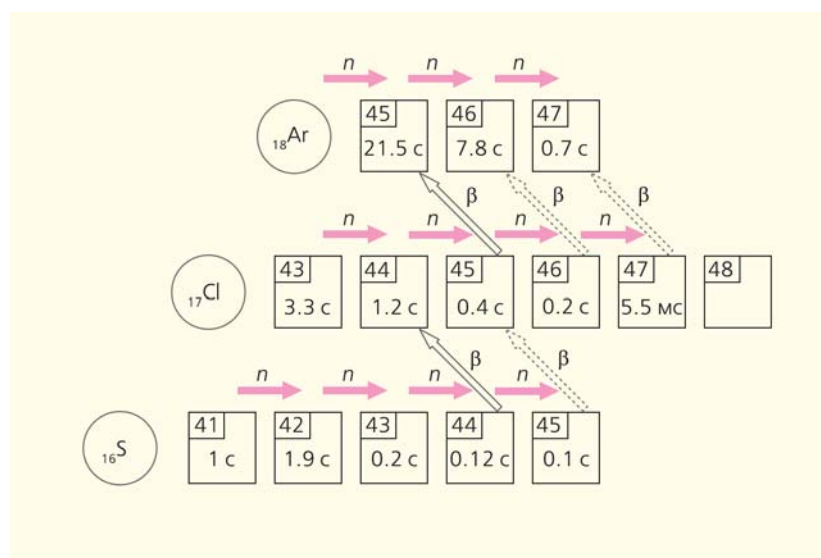


Рис.8. Карта нуклидов для нейтроноизбыточных изотопов в области S—Ar. Стрелками указаны два пути образования изотопов во Вселенной при взрыве: захват нейтронов и  $\beta$ -распад. Первоначально образующиеся ядра сильно перегружены нейтронами, поэтому в результате последовательных  $\beta$ -распадов они начинают превращаться в более стабильные ядра, т.е. в ядра, расположенные ближе к дорожке  $\beta$ -стабильности. Реакции захвата нейтронов останавливаются на так называемых «поворотных» ядрах, в данном случае это  $^{44}\text{S}$  и  $^{45}\text{Cl}$ .

лее 300), они представляют собой уникальную систему для моделирования проблем макромира. В лабораторных условиях с помощью ядро-ядерных столкновений, реализуемых на современных ускорителях тяжелых ионов при энергиях до нескольких сотен МэВ на нуклон, мож-

но получать новые экзотические ядра с необычными свойствами (с высокой температурой, с высоким угловым моментом, состоящие практически из одних нейтронов, супердеформированные), которые в принципе могут реализоваться в космических процессах. ■

## Литература

1. Флёрв Г.Н., Ильинов А.Г. // На пути к сверхэлементам // Библиотечка детской энциклопедии. М., 1977.
2. Hansen P.G., Jonson B. // Europhys. Lett. 1987. V.4. P.409—414.
3. Detraz C., Vieira D.J. // Ann. Rev. Nucl. Part. Sci. 1989. V.34. P.407—452.
4. Лукьянов С.М., Пенионжкевич Ю.Э. Ядерная физика. Т.67. 2004. С.1654—1659.
5. Intern. Symposium on Exotic Nuclei (EXON2009). Sochi, American Institute of Physics Conference Proceeding // Eds Yu.Penionzhkevich, S.Lukyanov. N.Y., 2010. V.1224.
6. Guillemaud-Mueller D., Penionzhkevich Yu., Anne R. et al. // Z. Phys. 1989. V.A332. P.189—197.
7. Audi G., Bersillon O., Blachot J., Wapstra A.H. // Nucl. Phys. 2003. V.A729. P.3—128.
8. Sakurai H., Lukyanov S., Natani M. et al. // Phys. Lett. B. 1999. V.409. P.180—184.
9. Baumann T., Amthor A.M., Bazin D. et al. // Nature (London). 2007. V.449. P.1022—1024.
10. Пенионжкевич Ю.Э. // Ядерная физика. 2009. Т.72. №10. С.1674—1685.
11. Пенионжкевич Ю.Э., Астабатьян Р.А., Демехина Н.А. и др. // Известия РАН (Сер. физ.). 2007. Т.71. №6. С.840—845.
12. Zagrebaev V.I. // Phys. Rev. C. 2003. V.67. P.061601(R) (5 p.).
13. Oppenheimer J.R., Phillips M. // Phys. Rev. 1935. V.48. P.500—502.
14. Golovkov M., Grigorenko L., Ter-Akopian G.M. et al. // Phys.Lett. 2009. V.B672. P.22—28.
15. Zagrebaev V.I., Samarin V.V., Greiner W. // Phys. Rev. C. 2007. V.75. P.035809 (11 p.).
16. Sorlin O., Guillemaud-Mueller D., Mueller A.C. et al. // Phys. Rev. C. 1993. V.47. P.2941—2953.

# Нефтяное загрязнение болот Западной Сибири

Н.А.Аветов, Е.А.Шишконокова

Западно-Сибирская равнина — одна из самых больших низменных равнин в мире, на которой болота и заболоченные леса занимают около 128 млн га. Здесь сосредоточено 39% мировых запасов торфа, который накапливается во всех природных зонах равнины, даже в лесостепной зоне. Однако наибольшие массивы торфяных болот расположены в таежной зоне: вместе с заболоченными землями они занимают в среднем около 40% ее территории (50% в подзоне северной тайги, 40% — в средней тайге, 30% — в южной тайге). Сургутская низина, бассейны Надыма и Пура, северная половина Кондинской низменности на 80—90% покрыты болотами [1].

В болотах таежной зоны преобладают биогеоценозы верхового (олиготрофного) типа: они составляют свыше 90% от площади всех болот. В них наибольшее распространение получили сосново-кустарничково-сфагновые (рямы), комплексные грядово-мочажинные и озерково-грядово-мочажинные болота. Биогеоценозы сосново-кустарничково-сфагнового типа — наиболее дренированные среди верховых болот (рис.1). Произрастающая там сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) образует особые болотные экологические формы (чаще всего встречается сосна Литвинова — *f. litwinowii*). Хорошо развит травяно-кустарничковый ярус, по-



**Николай Андреевич Аветов**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник кафедры географии почв факультета почвоведения Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — география, генезис и экология почв таежной зоны Западной Сибири, ремедиация нарушенных земель.



**Екатерина Анатольевна Шишконокова**, кандидат географических наук, старший научный сотрудник отдела агроэкологической оценки почв Почвенного института им.В.В.Докучаева. Занимается изучением растительности естественных и антропогенных ландшафтов таежной зоны, геоботанической индикацией ландшафтных процессов в условиях нефтедобывающего комплекса, агроэкологической оценкой земель.

крывающий 70—80% площади. Среди растений этого яруса преобладают кустарнички и травы, многие из которых известны своими пищевыми и лекарственными свойствами: багульник болотный (*Ledum palustre*), березка карликовая (*Betula nana*), болотный мирт (*Chamaedaphne calyculata*), водяника (*Empetrum nigrum*), голубика (*Vaccinium uliginosum*), клюква мелкоплодная (*Oxycoccus microcarpus*) и четырехлепестная (*O.palustris*), морозника (*Rubus chamaemorus*), подбел обыкновенный (*Andromeda polifolia*), пушица вла-

галищная (*Eriophorum vaginatum*), роснянка круглолистная (*Drosera rotundifolia*). Моховой ярус образуется главным образом сфагнумом бурым (*Sphagnum fuscum*).

Озерково-грядово-мочажинные комплексы представлены сильно переувлажненными мочажинами (удлиненными междугрядовыми понижениями), вторичными озерками и грядами, причем соотношение их ширины колеблется в больших пределах (рис.2). Растительность гряд в целом такая же, как на сосново-кустарничково-сфагновых

© Аветов Н.А., Шишконокова Е.А., 2010



болотах, но сосна еще мельче и растет более разреженно. В мочажинах травянистый ярус образует невысокое проективное покрытие, не превышающее 40%, создаваемое осокой топяной (*Carex limosa*), осокой малочетковой (*C. pauciflora*), очеретником белым (*Rhynchospora alba*), шейхцерией болотной (*Scheuchzeria palustris*) при некотором участии видов рода *Drosera*. Озерки иногда окаймляются вахтой трехлистной (*Menyanthes trifoliata*). В моховом покрове мочажин доминирует сфагнум большой (*Sphagnum majus*). Грядово-мочажинные болота по степени увлажненности занимают промежуточное положение между сосново-кустарничково-сфагновыми и озерково-грядово-мочажинными, по структуре сообществ ближе к последним, но открытые водные поверхности (озерки) в них отсутствуют.

Почвы во всех типах биогеоценозов — олиготрофные торфяные при средней мощности торфяной залежи в пределах таежной зоны 2—3 м. Эти типы болотных биогеоценозов приурочены к участкам с определенными уклонами поверхности. Так, грядово-крупномочажинные и озерково-грядово-мочажинные комплексы занимают слабовыпуклые центральные части болотных систем и их пологие склоны. Сосново-кустарничково-сфагновые биогеоценозы расположены на хорошо дренированных более крутых склонах или на приподнятых участках в центральных частях болот.

Биосферную роль верховых болот в современном мире трудно переоценить. Эти крупнейшие аккумуляторы атмосферной и грунтовой воды (на территории Западной Сибири запасы воды в торфе составляют 994 км<sup>3</sup>) регулируют водообмен в ландшафтах, благодаря чему предотвращается эрозия, обеспечивается минимальный вынос с территории в океан минеральных веществ, растягиваются сроки ве-



Рис.1. Верховое сосново-кустарничково-сфагновое болото в ненарушенном состоянии.

Здесь и далее фото авторов



Рис.2. Верховое озерково-грядово-мочажинное комплексное болото в ненарушенном состоянии.



сенных паводков. Если бы болота не перехватывали значительную часть стока западносибирских рек, весенние паводки приводили бы к катастрофическим последствиям. Велико значение болот и в сдерживании глобально потепления: они обеспечивают постоянное депонирование атмосферного углерода, который, накапливаясь в торфе, навсегда исключается из круговорота. Кроме того, болота Западной Сибири — это мощнейшие биологические и геохимические фильтры, способные консервировать различные органические и неорганические загрязнители. Многими своими функциями болота обязаны сфагновому торфу, образующему залежи верховых болот. Этот основной вид торфа, обладающий высокой влагоемкостью (до 1000%) и сорбционной емкостью, не имеет аналогов среди других природных материалов. Из-за высокой кислотности (рН 3.0–3.5) сфагновый торф почти не подвержен микробиологической деструкции, что обеспечивает его слабое разложение.

### Освоение нефтяных месторождений

До 60-х годов прошлого века верховые болота центральной части Западной Сибири, находясь вдали от промышленных центров и сельскохозяйственных районов страны, практически не испытывали антропогенного воздействия. В то время торф добывали в европейской части России и в меньшей степени на юге Западной Сибири (на юге Тюменской и Томской областей). Стремительное освоение нефтяных месторождений центрального Приобья 1960–1970 годов уже на первых этапах вызвало нарушения прежде всего таежных ландшафтов. В результате рубок и пожаров коренные темнохвойные леса сменялись производными мелколиственными. Отчуждения территорий, связанные с обу-

стройством объектов нефтедобывающей промышленности, созданием новых поселков и городов, также происходили, насколько это было возможно, на суходольных территориях.

Несмотря на то, что многие из крупнейших нефтяных месторождений оказались как раз на наиболее заболоченных территориях таежной зоны (в Сургутской низине, Кондинской низменности, в районе оз.Самотлор), почвенно-растительный покров верховых болот нарушался еще незначительно. Первые исследования (на рубеже 70-х и 80-х годов прошлого века), посвященные растительности месторождений востока Среднеобской низменности, отмечали лишь небольшие изменения болотной растительности на придорожных полосах шириной от 10 до 50 м [2]. При этом ее наиболее отдаленная от дорожного полотна часть рассматривалась как зона потенциальных изменений в ходе будущих сукцессий. Болотная растительность реагировала главным образом на нарушения линий стока, вызывающих подтопление. Индикатором подобных изменений служили перекомбинации внутри существующих растительных сообществ верховых болот в пользу более влаголюбивых видов, сопровождаемые во многих случаях гибелью сосны (на рьях, грядах комплексных болот). Адвентивные (привнесенные) виды составляли лишь небольшую примесь.

Положение изменилось в 1980-х годах. Прогрессирующий рост нефтедобычи, износ и коррозия проложенных 10–15 лет назад нефтепроводов на фоне несовершенства природоохранного законодательства и игнорирования нефтедобывающими предприятиями экологически обоснованных методов хозяйствования привели к деградации значительных массивов болотных земель. Основной причиной тому стали аварийные разливы нефти, происходящие чаще всего из-за разрывов

нефтепроводов вследствие коррозии и гораздо реже из-за залповых выбросов из скважин и переполнения резервуаров. В отличие от аэрогенных загрязнений, нефть при аварийных разливах сразу поступает в почву в больших количествах. Не успевая адсорбироваться торфом, особенно если он находится в насыщенном водой и тем более в мерзлом состоянии, она растекается по болоту, занимая обширные пространства. Вокруг очагов первичного загрязнения часто образуются зоны вторичного рассеивания разного размера и с разной степенью влияния на почвенно-растительный покров.

Проникновение нефти в глубь залежи зависит в основном от влажности торфа и глубины залегания зеркала почвенно-грунтовой воды. Деятельный горизонт торфа, в котором происходят сезонные колебания уровня воды, как правило, всегда пропитывается тяжелыми фракциями нефти (замазучивается), а в более глубоких слоях оказываются лишь водорастворимые фракции, в первую очередь ароматические углеводороды, содержащие наиболее токсические компоненты.

Влияние нефтедобывающего комплекса на почвенно-растительный покров болот не ограничивается только загрязнением нефтью. Его последствия усугубляют другие виды антропогенного воздействия, совокупное влияние которых приводит к масштабной перестройке болотных экосистем. В их числе прежде всего необходимо упомянуть аэрогенное загрязнение продуктами сгорания попутного газа в факелах. Хотя в последнее время благодаря программе по утилизации его становится меньше, на крупных старых месторождениях до сих пор можно увидеть чадающие небо «огненные столбы».

В преобразовании болотных ландшафтов весьма велика роль линейно-инженерных сооружений (дорог, трубопроводов, на-

сыпей и т.д.), нарушающих гидрологические системы болот. В условиях плоского рельефа, редкой гидрографической сети и слабого стока с крупных болотных массивов перекрытие даже отдельных линий стока вызывает масштабное переобводнение болот. Единственный способ борьбы с этим явлением — водопропускные сооружения или фильтрующие насыпи. Хотя большинство проектов линейных сооружений и предусматривает такие конструкции, но их количество явно недостаточно и устраиваются они в основном только для поверхностных водотоков. Кроме того, водопропускные системы, нормализуя гидрологическую ситуацию на болоте, способствуют вторичному рассеиванию нефти в тех случаях, когда дорога или насыпь препятствуют ее поверхностной миграции.

Наконец, еще один дестабилизирующий фактор — антропогенное засоление торфяных почв высокоминерализованными водами (прежде всего хлоридами). Они почти всегда в том или ином количестве присутствуют в сырой нефти, сопутствуя углеводородному загрязнению. Помимо этого солевые растворы могут воздействовать на почву и как самостоятельные загрязнители при аварийных разливах из трубопроводов, по которым поступают технологические буровые растворы. Образующиеся при этом торфяные солончаки создают техногенный ландшафт, чуждый таежной зоне Западной Сибири, в первую очередь верховым болотам, в которых все биологические компоненты эволюционно приспособлены к существованию в условиях дефицита элементов питания.

### Техногенные процессы в ландшафтах

Наблюдаемые изменения почвенно-растительного покрова при загрязнениях нефтью в широком смысле представляют со-



Рис.3. Нефтяной бедленд на месте верхового болота.

бой последствия четырех процессов: *образования нефтяных бедлендов* (бесплодных пустошей), *эвтрофизации*, *антропогенного засоления* и *гидроморфизации* (переобводнения).

Экстремально высокие концентрации (выше 25%) нефти в поверхностном торфяном горизонте превращают болота в бедленды (рис.3). Через три-четыре года после аварийного

разлива поверхность почвы, лишенная растительности, покрывается битумной коркой, под которой залегает замазученный горизонт (рис.4). На бедлендах растительность либо не воспроизводится вообще, либо восстанавливается локально, не формируя заметного покрытия. Но даже территории нефтезагрязненных болот, сохранившие в той или иной мере проектив-



Рис.4. Нефтезагрязнённая торфяная олиготрофная почва. Под битуминизированной коркой залегает насыщенный нефтью сфагновый торф.





Рис.5. Современный ландшафт крупного месторождения с изменённой растительностью верхового болота.

ное покрытие, в настоящее время существенно изменили свой ландшафтный облик (рис.5). Смена ландшафтов в направлении повышения трофности связана, как уже отмечалось, с общим изменением геохимической ситуации под влиянием вторичного рассеивания поллютантов и аэрогенного загрязне-

ния. При **эвтрофизации** болот повышается содержание микро- и макроэлементов в торфяной почве, в растительное сообщество внедряются эвтрофные виды, и, в конечном итоге, олиготрофное торфонакопление сменяется эвтрофным.

На большинстве давно освоенных месторождений значи-

тельные площади занимают участки вторичных эвтрофизированных березово-пушицево-вейниковых, березово-осоково-пушицевых, осоково-пушицевых болот с разной степенью участия в них видов коренных олиготрофных сообществ (рис.6). При загрязнении в первую очередь погибают виды, произрастающие в низинах, и в дальнейшем практически не восстанавливаются. Так, полностью исчезают осока малоцветковая, роснянка английская, очеретник белый, шейхцерия болотная. В растительном покрове месторождений участие этих растений неуклонно снижается, особенно по сравнению с другими представителями флоры олиготрофных болот, сохраняющимися по микроповышениям. Здесь при средних степенях загрязнения обычно остаются (хотя почти не возобновляются) сосна обыкновенная, березка карликовая, вересковые кустарнички, морошка, роснянка круглолистная, реже — водяника.

При восстановлении растительного покрова на загрязненных нефтью землях из числа аборигенных видов в первую



Рис.6. Эвтрофизированный грядово-мочажинный комплекс.



очередь поселяется пушица рыжеватая (*Eriophorum russeolum*), которая в естественных условиях выраженным доминантом становится редко. Между тем сегодня на месторождениях Среднеобской низменности участие этого вида постепенно увеличивается даже в малонарушенных сообществах (на фоновых территориях и по зонам вторичного рассеивания нефтезагрязнений). Другой вид из рода пушиц — пушица влажлищная, хотя и в меньших масштабах, также заселяет загрязненные нефтью болота. Нередко на слабо и даже умеренно загрязненных участках (при концентрациях углеводородов в торфе 10–15%) возобновляется клюква болотная. На слабозагрязненных участках верховых болот также значительно увеличивается и присутствие осоки заливной (*Carex paupercula*), которая нечасто встречается в ненарушенных сообществах. Одновременно с выпадением одних и изменением роли других аборигенных олиготрофных видов появляются эвтрофные элементы — пушица узколистная (*Eriophorum angustifolium*), вейники Лангсдорфа (*Calamagrostis langsdorffii*) и наземный (*C.epigeios*), осока вздутая (*Carex rostrata*) и сероватая (*C.canescens*), рогоз широколистный (*Typha latifolia*), кипрей болотный (*Epilobium palustre*), ситник альпийский (*Juncus alpinoarticulatus*), щавель водный (*Rumex aquaticus*), береза белая (*Betula alba*), некоторые виды ив, ряд зеленых мхов.

В профиле торфяных почв в таких местообитаниях наблюдается поверхностное накопление низинного или переходного торфа, приводящее к появлению нового типа профиля: в нем мощный горизонт сфагнового торфа верхового типа перекрывается слоем низинного, часто нефтезагрязненного (битумизированного), торфа (рис.7). Мощность такого антропогенного горизонта в настоящее время не превышает 3–5 см, а его даль-



Рис.7. Вторично эвтрофизированная торфяная олиготрофная почва. На олиготрофном сфагновом торфе залегает современный эвтрофный торфяной горизонт.

нейший рост зависит от длительности антропогенной эвтрофизации болота. Сейчас невозможно определить точно, насколько долгой будет эта стадия и, соответственно, время «возвращения» прерванного торфо-накопления верхового типа, продолжающегося в центре Западной Сибири уже более 7 тыс. лет. По некоторым оценкам, даже при сильном загрязнении сфагновые мхи через 100–150 лет снова заселят обширные

пространства болот, и торф опять будет накапливаться по верховому типу [3]. Однако прослойка эвтрофного торфа, пусть и уменьшаясь за счет частичной минерализации и уплотнения, навсегда впишет период освоения нефтегазоносных месторождений в историческую летопись природы — торфяную залежь западносибирских болот. Отдельные признаки возобновления сфагнового покрова на загрязненных участках видны



Рис.8. Возобновление сфагновых мхов на нефтезагрязнённом верховом болоте.





Рис.9. Торфяной техногенный солончак, зарастающий галофитной растительностью.

уже сейчас (рис.8), в частности на обводненных мочажинах. Сфагнум как бы наплывает на загрязненную поверхность болота, подобно тому, как образуются сплавины при заболачивании озер.

**Засоление** верховых болот приводит к формированию торфяных солончаков. По масштабам этот процесс несколько ус-

тупает бедлендизации, эвтрофизации и гидроморфизации. В природоохранных подразделениях нефтедобывающих компаний считают этот вид загрязнения незначительным, полагая, что соли из торфяных почв удаляются быстро. Между тем из-за ослабленного стока, характерного для ландшафтов водораздельных болот центра За-

падной Сибири, подобные нарушения могут сохраняться на протяжении ряда лет, способствуя формированию устойчивых сообществ с набором специфических видов (рис.9).

В числе таких видов-индикаторов засоления на относительно сухих болотных участках встречаются астра солончаковая (*Aster tripolium*), бескильницы расставленная (*Puccinellia distans*) и Гаупта (*P.auptiana*), марь красная (*Chenopodium rubrum*). По обводненным понижениям отмечаются крестовник скученный (*Senecio congestus*), латук сибирский (*Lactuca sibirica*), рогоз узколистный (*Typha angustifolia*). Относительно устойчива к подобным условиям и череда лучистая (*Bidens radiata*). В настоящее время значительные площади, подвергшиеся засолению, зарастают тростником обыкновенным (*Phragmites australis*) и вейником наземным. На засоленных болотах, где почву фрезеровали, поселяется ситник жабий (*Juncus bufonius*) (рис.10). Часть видов-зарастателей представлена аборигенной флорой, главным образом в пойме Оби. С другой стороны, поселение астры солончаковой обусловлено трансзональным переносом диаспор растения из лесостепной зоны, а в случае с крестовником скученным имеет место масштабная инвазия, сопровождаемая широким расселением этого вида в различных антропогенно преобразованных ландшафтах севера Западной Сибири. Некоторые виды, характерные для верховых и переходных болот, несмотря на их олиготрофность, также обнаруживают определенную устойчивость к засолению и сохраняются в формирующихся антропогенных сообществах. К их числу относится, в первую очередь, пушица рыжевато-красная.

Необходимо отметить, что определенные виды весьма интенсивно поглощают катионы из торфяной почвы, что позволяет использовать их для мелиорации загрязненных легкорастворимы-



Рис.10. Зарастание торфяного техногенного солончака после фрезерования вейником наземным и ситником жабьим.



ми солями участков. Так, в наземной фитомассе крестовника скученного и мари красной, произрастающих на хлоридно-натриевом торфяном солончаке, нами обнаружена концентрация натрия, превышающая 30 г/кг.

При сильном солевом загрязнении растительность болот погибает полностью. Это нередко наблюдается в сосново-кустарничково-сфагновых биогеоценозах, отличающихся меньшей по сравнению с другими типами болот обводненностью деятельного торфяного горизонта и, соответственно, большей концентрацией в нем легкорастворимых солей (рис.11).

**Гидроморфизация** как процесс преобразования почвенно-растительного покрова верховых болот имеет свои особенности. Само по себе нефтяное загрязнение нарушает водно-воздушный режим торфяных почв из-за понижения влагоемкости гидрофобной загрязненной торфяной массы и ее усадки, приводящих к избыточному накоплению свободной гравитационной влаги. В результате сопряженного влияния нефтезагрязнения и антропогенного подтопления (о котором речь шла выше) появляются техногенные топи. Механизм их образования связан с разрывом торфяной залежи и ее разделением на сплавину и относительно слабо загрязненный придонный слой, между которыми формируется водоносный горизонт, заполненный водно-нефтяной эмульсией. При дальнейшем усилении гидроморфизации топь превращается в техногенный водоем. Обычно такие топи и водоемы располагаются вдоль придорожных полос, с одной стороны которых залегают нефтепроводы — источники аварийных разливов нефти, а с другой скапливается подпруженная дорожным полотном вода. Подобные топи формируются и в полосе инженерных коммуникаций — между линиями трубопроводов. Один из частных случаев — образование вторичных



Рис.11. Гибель растительности верхового болота в результате засоления.

озер на месте крупных мочажин олиготрофных болот.

К числу специфических черт гидроморфизации почвенно-растительного покрова следует отнести ее связь с эвтрофикацией (рис.12). На переобводненных болотах, в том числе и техногенных топях, как правило, поселяются эвтрофные гидро- и гидрофитные виды, часто об-

разующие сплошные заросли: рогоз широколистный, частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica*), хвощ топяной (*Equisetum palustre*), осоки вздутая и острая (*Carex acuta*), пушица узколистная, камыш озерный (*Schoenoplectus lacustris*) (последний вид значительно реже других). Вместе с тем в гидроморфизированных участках



Рис.12. Гидроморфизация верхового болота. Доминируют гидро- и гидрофиты: хвощ топяной, рогоз широколистный, пушица узколистная.

роль растений как индикаторов нефтяного загрязнения существенно снижается. Например, придорожные заросли рогоза широколистного часто формируются на механически нарушенных, подтопленных, но вместе с тем незагрязненных почвах. По этому поводу возникают недоразумения при инвентаризации земель: часть незагрязненных территорий относят к загрязненным, а действительно загрязненные массивы игнорируются.

Отмеченные нами процессы преобразования почвенно-растительного покрова привели к формированию новой структуры почвенного покрова, гораздо более неоднородной по сравнению с естественной. Обширные гомогенные ареалы болотных верховых почв, характерные для многих нефтедобывающих районов центра Западной Сибири, сменяются многокомпонентными комбинациями, состоящими из бедлендов, торфяных хемоземов (химически преобразованных почв), торфяных топяных

хемоземов, верховых торфяных вторично эвтрофицированных почв, торфяных солончаков, которые соседствуют с насыпями, запечатанными почвами, водоемами естественного и искусственного происхождения, а также с сохранившимися ареалами ненарушенных торфяных почв. Очевидно, что сформировавшийся к настоящему времени почвенно-растительный покров находится в неравновесном состоянии и в дальнейшем будет меняться, причем основные тренды его развития определяются процессами, связанными в первую очередь с нефтезагрязнением.

### Рекультивация нефтезагрязненных почв

В настоящее время это — одна из самых сложных и трудноразрешимых задач. Извлечение нефти (особенно густой, битумизированной) из сфагнового торфа весьма затруднено (торф — один из лучших адсорбентов, широко

применяемый при ликвидации аварийных разливов нефти на минеральных почвах), а использование бактериальных препаратов ограничивается неблагоприятными почвенно-экологическими условиями почв верховых болот (низкими температурами короткого вегетационного сезона, сильноокислой средой, переобводненностью).

Рекультивация обычно проходит в два этапа. Первый, технический, включает сбор нефти (главным образом путем смыва с поверхности торфа и последующей откачки) и фрезерование. На втором, биологическом, этапе вносят удобрения, известь, бакпрепараты, а также проводят посев трав. Успех рекультивации во многом зависит от степени (прежде всего глубины) загрязнения, поскольку смыв битуминозной нефти малоэффективен, и концентрация нефти в поверхностном слое понижается в основном при фрезеровании за счет перемешивания с относительно чистым нижележащим слоем торфа (рис.13).



Рис.13. Успешное рекультивирование верхового болота, загрязненного нефтью.





Рис.14. Техногенная топь, образовавшаяся после фрезерования нефтезагрязнённого грядово-мочажинного болота.

При посеве трав чаще всего используют луговые виды, не образующие сколько-нибудь значимого покрытия на загрязненных нефтью болотах: донник белый (*Melilotus albus*), клевер луговой (*Trifolium pratense*), коострец безостый (*Bromopsis inermis*), овсяницу луговую (*Festuca pratensis*), тимофеевку луговую (*Pbleum pratense*).

Заращение в последующем происходит естественным образом. Набор видов-доминантов в формирующихся после рекультивации фитоценозах в принципе сходен с характерным для нерекультивированных загрязненных болот. Однако в сообщество в качестве примеси иногда внедряются растения, почти не встречающиеся на нерекультивированных болотах, в том числе горец щавелистный (*Polygonum lapathifolium*), крестовник скученный и обыкновенный (*S.vulgaris*), лисохвост равный (*Alopecurus aequalis*), марь белая (*Chenopodium album*), нивяник обыкновенный (*Leucanthemum vulgare*),

осот полевой (*Sonchus arvensis*), подмаренник мягкий (*Galium mollugo*), подорожник большой (*Plantago major*), пупавка красильная (*Anthemism tinctoria*), ромашка непахучая (*Matricaria inodora*), сушеница лесная (*Gnaphalium sylvaticum*), щавель курчавый (*Rumex crispus*), щавель морской (*R.maritimus*), ястребинка зонтичная (*Hieracium umbellatum*) и др.

На сильнозагрязненных участках существующие способы рекультивации концентрацию углеводородов заметно не снижают, соответственно, не могут обеспечить возобновление растительности. Более того, имеется и ряд отрицательных последствий, связанных с фрезерованием. В результате измельчения торфа разрушается механический каркас почв, образованный неразложенными или слабо разложенными стеблями сфагновых мхов; уничтожается система капилляров, связывающих деятельный горизонт торфа с нижележащим водоносным горизонтом.

Вследствие таких изменений в техногенном торфяном горизонте возникает неустойчивый водный режим, обуславливающий в одних случаях переувлажнение, а в других, наоборот, переосушение. Фрезерование и связанное с ним воздействие тяжелой болотоходной техники также способствуют образованию техногенных топей, опасных для людей (рис.14). Если в техногенных топях верхний (сплавинный) горизонт обладает определенной несущей способностью, то фрезерование вызывает ее полную потерю. Негативное действие фрезерования проявляется и в уничтожении сохранившейся или возобновившейся растительности. Очевидно, что существующий регламент рекультивации, нормирующий только общее содержание углеводородов в торфе и не учитывающий формирования растительного покрова в ходе восстановительных сукцессий, нуждается в пересмотре. В частности, независимо от общего содержания углеводоро-





Рис.15. Растения, поселяющиеся на загрязненных болотах. Слева — белокрыльник болотный (*Calla palustris*) и рогоз широколистный (*Typha latifolia*). Справа — гаммарбия болотная (*Hammarbya paludosa*), редкий вид орхидей.

дов необходимо сохранять участки с высоким проективным покрытием (30–40% и более), если в сопряженные ландшафты и водоемы токсические вещества не поступают.

В общественном мнении сложилась однозначно негативная оценка влияния загрязнения на биогеоценозы Западной Сибири. Безусловно, нефтяные бедленды и загрязнение акваторий приводят к серьезным нарушениям в биосфере и требуют незамедлительных мер по их устранению. Вместе с тем наблюдаемое повышение биологического разнообразия на эвтрофизированных слабозагрязненных участках само по себе нельзя рассматривать как сугубо отри-

цательное явление (рис.15). Важно отметить, что вновь созданные антропогенные ландшафты пока не угрожают исчезновению исходных болотных систем — их растительности и торфяным почвам. Сегодня не менее 95% площади верховых болот таежной зоны Западной Сибири еще находятся в исходном состоянии.

На наш взгляд, на современном этапе необходимо отличать нарушенные участки, создающие угрозу окружающей среде и человеку (например, путем загрязнения окрестных акваторий, пищевых дикорастущих ягод и т.д.), от территорий, не представляющих такой опасности, принимая во внима-

ние, что техногенное вмешательство в процессе рекультивации также может наносить ущерб природе.

Итак, протекающие в настоящее время природно-техногенные процессы, их динамика, пространственно-временные закономерности нуждаются в пристальном внимании со стороны экологов, а деятельность нефтедобывающих компаний должна контролироваться, в том числе используя мониторинг за состоянием почвенно-растительного покрова не только на сильно загрязненных нефтью участках, но и на фоновых территориях нефтяных месторождений и прилегающих районов. ■

## Литература

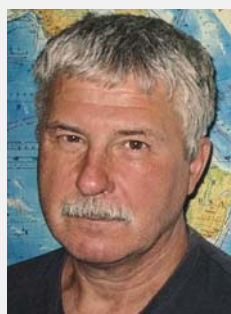
1. Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А. и др. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. Тула, 2001.
2. Лисс О.Л., Полкошникова О.В. Влияние бетонных дорог на растительность болотных фитоценозов (на примере нефтепромысла Самотлора) // Природные условия Западной Сибири. М., 1983. С.169–177.
3. Седых В.Н. Парадоксы в решении экологических проблем Западной Сибири. Новосибирск, 2005.

# Недооцененный источник урана

С.В.Белов, А.А.Фролов

Уран! Имя бога, покровителя сильных и справедливых. Сегодня, однако, мы будем говорить не о нем, а о химическом элементе. Уран был открыт немецким химиком М.Клапротом в 1789 г., и лишь спустя более 100 лет француз А.Беккерель обнаружил его радиоактивность. Ныне каждый знает, что элемент с таким гордым именем может послужить человечеству, а может его и уничтожить. Урановая промышленность сегодня — одна из динамично развивающихся отраслей. Вскоре после распада СССР стало ясно, что России своего урана не хватает. Годовые потребности только атомных станций превышают 5 тыс. т. Между тем запасы главного отечественного поставщика урановой руды — Стрельцовского месторождения в Забайкалье — истощаются. Здесь ежегодно добывается около 3 тыс. т урана. На прошедшем в ВИМС Втором международном симпозиуме «Уран: ресурсы и производство» были рассмотрены различные аспекты урановой проблемы и намечены пути развития отрасли. Вместе с тем вне сферы пристального внимания геологов остался перспективный тип рудных объектов — ураноносные карбонаты. Однако прежде чем вести о них речь, надо хотя бы кратко пояснить, что же это за геологические образования.

© Белов С.В., Фролов А.А., 2010



**Сергей Викторович Белов**, доктор геолого-минералогических наук, профессор Московского государственного открытого университета, лауреат премии правительства России, премий им.А.Н.Косыгина и им.С.С.Смирнова. Область научных интересов — системные взаимосвязи между напряженно-деформированным состоянием геосреды, магматизмом и рудогенезом; проблемы геоэкологии. Постоянный автор «Природы».



**Анатолий Александрович Фролов**, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института минерального сырья им.Н.М.Федоровского, почетный ветеран-геологоразведчик, лауреат премий им.А.Н.Косыгина и им.С.С.Смирнова. Область научных интересов — рудоносные кольцевые структуры и месторождения штокверкового типа. Неоднократно публиковался в «Природе».

## Штрихи к портрету

Большинство специалистов понимают под карбонатами эндогенные существенно карбонатные породы с подчиненным количеством силикатов и рудных, преимущественно редкометалльных, минералов, а также различных сульфидов, апатита —  $\text{Ca}_5[\text{PO}_4](\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})$ , магнетита —  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  и флюорита —  $\text{CaF}_2$ . Карбонатиты пространственно и генетически связаны с вулcano-плутоническими комплексами ультраосновных щелочных пород и обычно формируют вместе с ними в верхней части земной коры кольцевые структуры центрального типа [1, 2]. К настоящему времени геологи выявили около 300 щелочно-ультраосновных карбонатитовых массивов, образующих на всех континентах около 30 провинций. Количество разведанных объектов измеряется несколькими десятками. Из них два десятка





Добыча урана на рудных полях Стрельцовского месторождения (Забайкалье).



Карьер месторождения Палабора. Южная Африка.



Таблица

**Содержания редких и радиоактивных элементов в танталониобатах из карбонатитовых месторождений России**

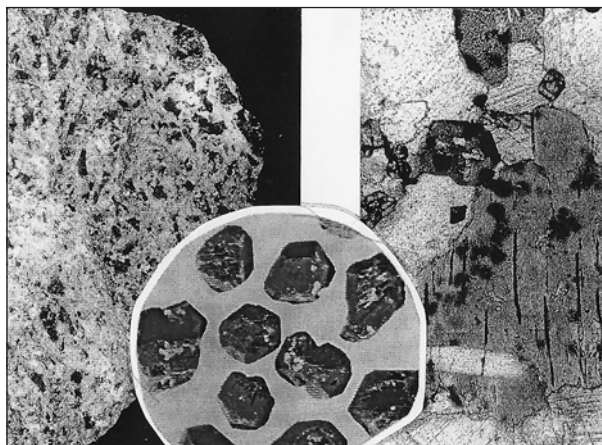
Минералы	Компоненты, %				
	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	ThO <sub>2</sub>	TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Белозиминское месторождение					
Гатчеттолит	35.2–43.1	12.4–19.9	12.4–18.3	0.6–3.8	0.13–0.21
Пирохлор	59.2–67.6	0.5–1.2	0.04–0.56	0.7–1.44	0.8–2.5
Ториевый пирохлор	51.0–53.2	0.9–2.0	0.1–0.6	5.1–7.4	0.1–0.5
Колумбит	70.1–74.3	0.1–3.3	0.01–0.02	0.4–0.7	—
Среднезиминское месторождение					
Гатчеттолит	38.0–53.0	8.4–18.8	7.9–18.6	0.23–3.7	0.36–1.9
Пирохлор	62.1–65.3	0.7–1.4	0.01–1.3	0.8–1.7	0.68–2.1
Горноозерское месторождение					
Гатчеттолит	34.0–40.2	8.42–13.38	17.7–29.17	1.15–7.25	0.75–1.48
Пирохлор	41.5–48.43	0.95–4.36	1.45–12.48	1.05–2.35	0.81–1.75

разрабатывается с получением пирохлоровых — NaCaNb<sub>2</sub>O<sub>6</sub>F, апатитовых, монацитовых — (Ce, La)[PO<sub>4</sub>], рутил-анатазовых — TiO<sub>2</sub>, магнетитовых, флюоритовых, бадделеитовых — ZrO<sub>2</sub>, флогопитовых, борнит-халькопиритовых — Cu<sub>5</sub>FeS<sub>4</sub> — CuFeS<sub>2</sub> концентратов. Их ежегодная стоимость оценивается в десятки миллионов долларов. Среди них выделяются уникальные рудные объекты, определяющие мировые запасы по ниобию (Томтор в России; Сейс-Лагос и Араша в Бразилии), по редким землям (Томтор; Маунт-Вельд в Австралии; Маунтин-Пасс в США), по апатиту (Томтор и Хибини), флогопиту (Ковдор в России). Такова, в общем, визитная карточка данных пород. Однако наряду с вышеуказанными полезными компонентами, добываемыми из карбонатитовых месторождений, в них содержится и уран. Следуя исторической правде, заметим, что разведка комплексных карбонатитовых месторождений, начатая в середине прошлого века в Канаде (Маниту, Лонни), была прекращена в связи с открытием там же богатых урановых месторождений (типа Атабаски). С тех пор интерес к карбонатитам, содержащим этот стратегический металл, упал. Тем не менее известно, что в ЮАР производится попутная добыча урана (а также золота и серебра) из руд карбонатитового месторождения Палабора.

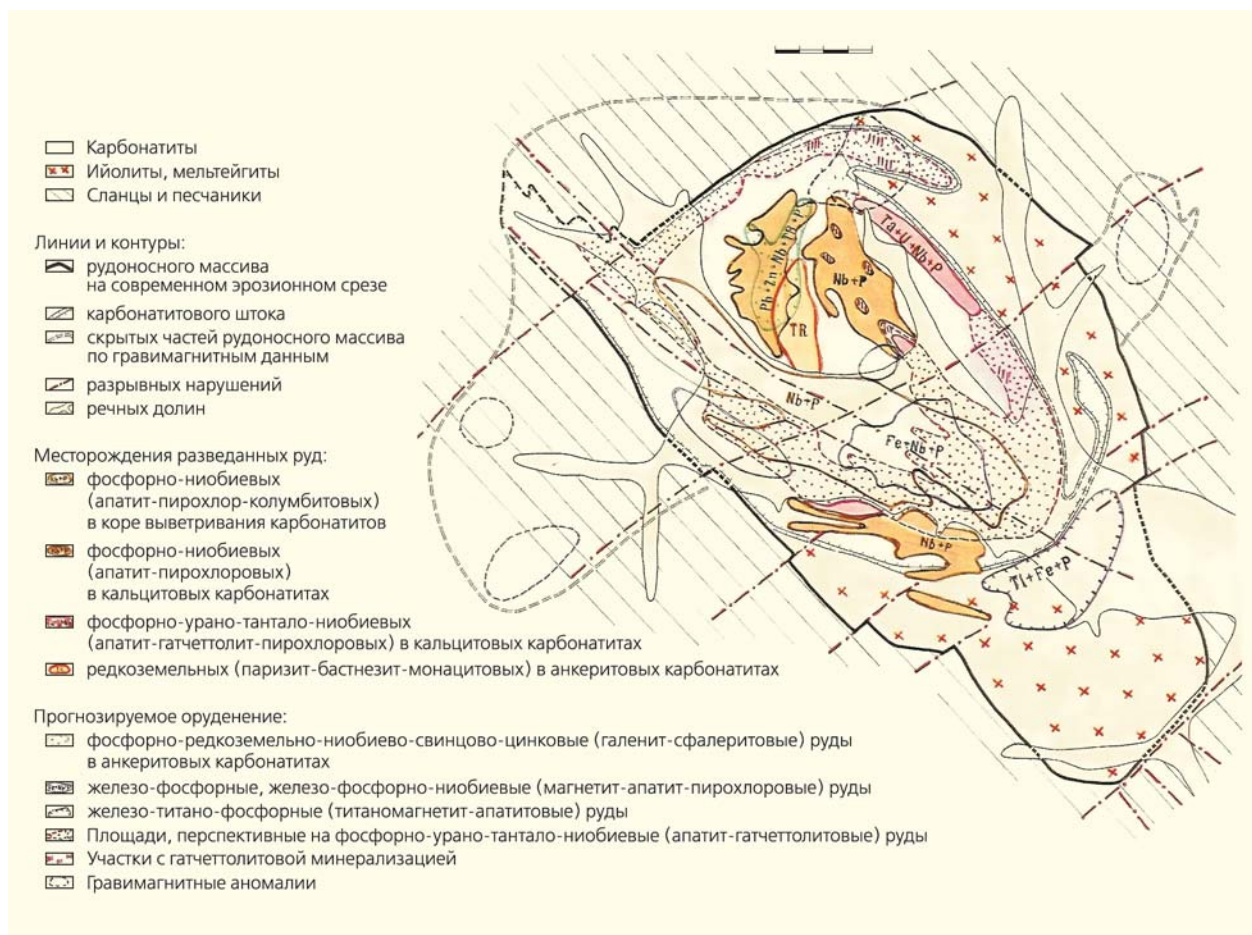
В современных условиях нехватки урана весьма актуальны мероприятия по расширению сырьевой базы как урана, так и тантала и ниобия. Последние также закупаются нами (преимущественно в Бразилии).

К счастью, Природа распорядилась так, что весьма существенные концентрации всех трех элементов оказались в гатчеттолите — уран-тантал-ниобиевой разновидности пирохлора. Он содержит 35–48% Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 10–25% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и столько же U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, 1.5–5.5% ThO<sub>2</sub> и 0.5–2.0 TR<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (табл.). Гатчеттолит образуется в рудную стадию кальцит-форстеритовых и кальцит-пироксеновых карбонатитов и выделяется в виде вкрапленных

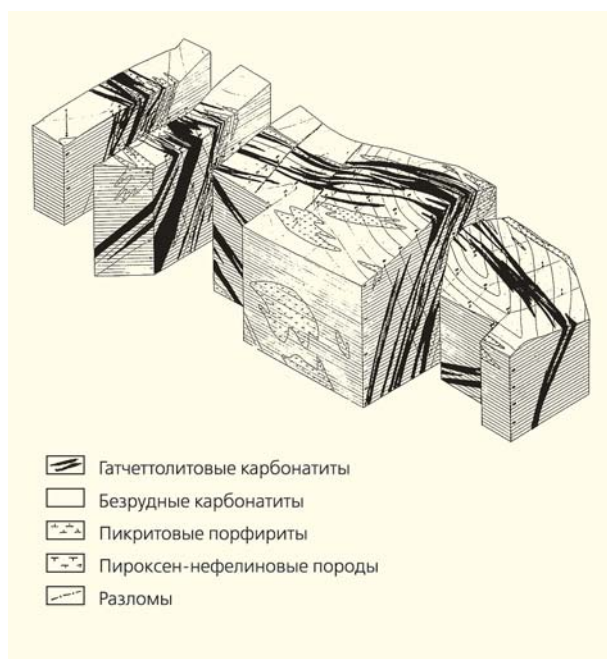
коричнево-черных октаэдрических, реже кубических кристаллов размером от 0.5 до 3–5 мм. Комплексные урансодержащие руды обычно содержат: 0.15–0.25% Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, по 0.015–0.03% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, 3–6% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. В некоторых месторождениях (Маниту, Кравье и Верити в Канаде) содержание урана повышается до 0.05%, а иногда достигает 0.12% (Прери Лейк в Канаде; Серо Манано в Боливии; Итатия в Бразилии). Примечательно, что в корках выветривания рудоносных карбонатитов содержания всех рудных элементов (в том числе и урана) повышаются более чем в два раза. В пределах месторождений гатчеттолитовые руды слагают отдельные участки с жильными, штокверковыми и метасоматическими зонами длиной в несколько километров и мощностью в несколько десятков метров, реже — штоки площадью в несколько квадратных километров, отвечающие по запасам классу средне-крупных месторождений бедных комплексных руд урана (0.01–0.04% U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>), тантала (0.01–0.05% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и ниобия (0.1–0.2% Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).



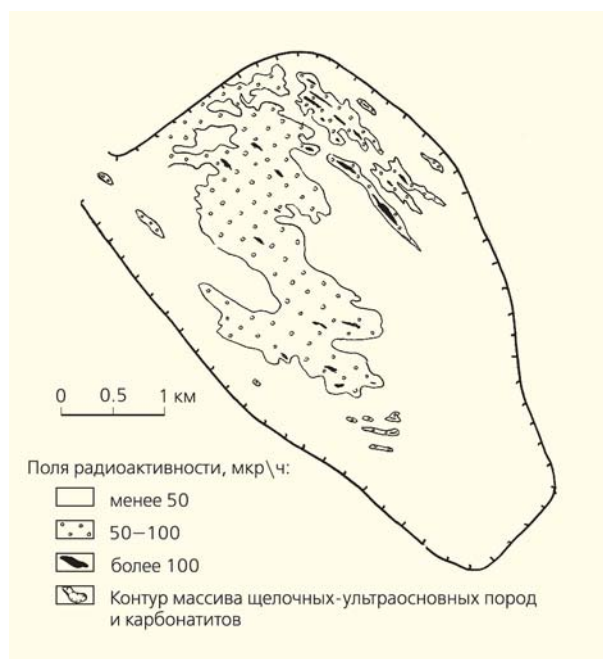
Уран-танталовый пирохлор — гатчеттолит (черные выделения на фотографиях шлифов).



Прогнозная карта месторождения Белая Зима. Россия.



Ураноносная рудная зона 4—5 месторождения Белая Зима.



Радиометрическая схема Белозиминского рудного поля.

## Немного о перспективах

Сейчас в мире известно более 40 рудных объектов ураноносных карбонатитов. В России — более 15, в шести из которых гатчеттолитовые руды разведаны! Наиболее промышленно значимые и перспективные — это Белозиминское и Среднезиминское в Верхнем Саяне; Арбарастахское на Алдане; Горноозерское в Сетте-Дабане (Якутия); Вуори-Ярви, Себль-Яври, Ковдор на Кольском п-ове.

По отдельным зонам гатчеттолитовых руд Белозиминского и Среднезиминского месторождений разведанные запасы оцениваются в 10 тыс. т  $Ta_2O_5$  и  $U_3O_8$ . Их примерные содержания в рудах 0.012–0.028%. В коре выветривания Белозиминского месторождения разведаны запасы руд: ~1 млн т (с содержанием 0.5%)  $Nb_2O_5$ , ~40 тыс. т (с содержанием по 0.014%)  $Ta_2O_5$  и урана, 3 млн т (с содержанием 1.8%)  $TR_2O_3$ , 15 млн т (с содержанием 13.6%)  $P_2O_5$ . На участках Тухта-Вара и Неске-Вара Вуориярвинского месторождения Б.В.Афанасьев оценил запасы  $U_3O_8$  в 20 тыс. т,  $Nb_2O_5$  — 340 тыс. т,  $ZrO_2$  — 630 тыс. т,  $P_2O_5$  — 67 млн т. Эти руды могут обрабатываться на базе известного Ковдорского горно-обогатительного комбината, находящегося в 85 км к северу.

Все это хорошо, запасы и прочее, — скажет пристрастный читатель, — но важна и технология извлечения полезных компонентов. Как говорят, геологи находят месторождение, а делают его — технологи. И здесь все весьма неплохо. Технология обогащения гатчеттолитовых руд для Ковдорского, Среднезиминского и Белозиминского месторождений разрабатывалась в ведущих институтах отрасли (ВИМС, ГИРЕДМЕТ и ИРГИРЕДМЕТ). Выяснилось, что радиометрическая сепарация повышает содержания урана и тантала в концентратах в 1.2–1.5 раза. Схема обогащения концентратов принципиально не отличается от схем, разработанных для коренных ниобиевых карбонатитов. Она предусматри-

вает дробление, измельчение и классификацию руды; магнитную сепарацию в слабом поле для выделения магнетита; двухстадийное гравитационное обогащение крупнозернистого материала (0.15–1.0 мм) и флотацию мелких классов (0.01–0.15 мм) с получением черного танталуранового концентрата.

Доводка черного концентрата производится методами магнитной и электрической сепарации, гравитации и флотации с получением гатчеттолитового, пироклорового и иногда бадделеитового концентрата.

Из хвостов обогащения флотацией извлекается и апатитовый концентрат. При извлечении в 50–60% гатчеттолитовый концентрат содержит 5–10%  $U_3O_8$  и  $Ta_2O_5$ .

\* \* \*

Таким образом, некоторые карбонатиты в Бразилии, Канаде, а также и у нас в России не уступают по содержанию урана рудам собственно урановых месторождений. Основная причина, сдерживающая их широкое промышленное освоение, — комплексный характер руд со сложной технологией освоения. Но такое препятствие временное, и кто его преодолеет, получит кроме урана другие стратегически важные продукты минерального сырья.

Экономическая эффективность промышленного освоения гатчеттолитовых карбонатитовых месторождений и технологичность руд сомнений не вызывает. В России в условиях дефицита уранового и фосфатного сырья, а также импорта ниобия и тантала представляются перспективными инвестициями в промышленное освоение подобных объектов. Однако их потенциал, увы, остается недооцененным. Следует заметить, что кризис, затронувший и горнорудную отрасль, явление временное, и вперед вырвутся те компании, которые к моменту его окончания будут иметь перспективные объекты для быстрого освоения. И думать об этом следует уже сейчас. ■

## Литература

1. Белов С.В., Лапин А.В., Толстов А.В., Фролов А.А. Минералогия платформенного магматизма (траппы, карбонатиты, кимберлиты). Новосибирск, 2008.
2. Белов С.В., Фролов А.А. Посланцы мантийных магм // Природа. 1998. №11. С.44–56.



# Вести из экспедиций Новые находки на реке Новой

В.А.Сарана,

кандидат географических наук

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

С.Н.Тимирева,

кандидат географических наук

Ю.М.Кононов

Институт географии РАН

Москва

Читатели «Природы» уже знакомы с материалами одного из авторов (В.А.Сарана) о предыдущих географических исследованиях на Таймыре [1]. Сейчас мы предлагаем информацию о полевых исследованиях в восточной части полуострова летом 2009 г., основной научной целью которых было изучение истории криосферы данного региона.

Существование оледенения на севере Сибири в прошлом до сих пор остается дискуссионным вопросом. Считается, что более 50 тыс. лет назад большая часть п-ова Таймыр была покрыта покровным ледником (муркутинское оледенение), центр которого находился на шельфе Карского моря.

Сартанское оледенение, максимум которого приходится на интервал 20—18 тыс. лет назад, было значительно меньше по площади и существовало только на севере и северо-западе Таймыра в виде горно-долинных ледников в горах Бырранга и на высоких участках плоскогорья Путорана [2]. Свидетели предшествующих холодных эпох — моренные отложения и ледниковые формы рельефа, формирующие обширные гляциодепрессии и моренные гряды на водоразделах.

Помимо ледниковых морфоскульптур, заметных на поверхности тундры, есть еще один хрупкий свидетель того време-

ни — подземный лед, который скрывается под толщами моренных отложений, глины, песка и гальки. Он похож на глетчерный, т.е. на ледниковый, который, по мнению В.И.Соломатина, заведующего лабораторией геоэкологии Севера МГУ [3], представляет собой законсервированный остаток древнего покровного ледника.

Можно попытаться смоделировать дегляциацию ледниковых покровов и образование глетчерных подземных льдов. Очевидно, таяние ледника шло неравномерно: наиболее активно — в зонах интенсивной трещиноватости, приуроченных к выступам доледникового рельефа. Талые воды устремлялись в пониженные места на леднике и туда же сносили обломочный материал, который перекрывал лед, лежащий в депрессиях. Оказавшись под своеобразным минеральным одеялом, лед замедлял таяние и мог сохраняться до последующей активизации нового оледенения. С наступлением очередного похолодания земля промерзала, мертвый лед оказывался в поле действия отрицательных температур и прекращал свое таяние, становясь своеобразным гляциологическим «антиквариатом». Сегодня на Севере подобные ледяные «кладовые» обнаруживаются в местах, где идет активная термоэрозия: на склонах речных долин, берегах озер и побережьях морей. Эти подземные льды называли пластовыми [4].

До сих пор среди ученых нет единого мнения о генезисе пластовых льдов. Некоторые полагают, что они возникли внутри грунтов при промерзании сильно обводненных пород [4]. Мы же придерживаемся гляциальной версии и считаем, что это законсервированный глетчерный лед древнего покровного ледника. Чтобы подтвердить эту точку зрения, мы и задумали в столь непростое время финансового кризиса провести экспедицию на Таймыр.

Пластовые льды были обнаружены здесь в низовье Енисея, в нижнем течении р.Нижней Таймыры и на оз.Лабаз. Именно сюда, в самое сердце Таймыра, мы и намеревались отправиться. Лабаз — самое крупное рыбное озеро, лежащее в бассейне р.Хатанги. Происхождение его названия не совсем понятно. Лабазы в Сибири называют охотничьи сооружения в тайге в виде помоста или вышки для временного хранения добычи, иногда это небольшие домики на высоких деревянных столбах — чтобы в них не могли забраться звери (своего рода «избушки на курьих ножках»). В них хранят не только охотничьи трофеи, но и продукты. Возможно, озеро получило такое название, поскольку в нем полно рыбы и оно испокон веков было щедрым кормильцем для местных жителей — долган и нганасан, кочевавших когда-то по тундре.

Мы не первые, кто решил изучать пластовые льды на Тай-



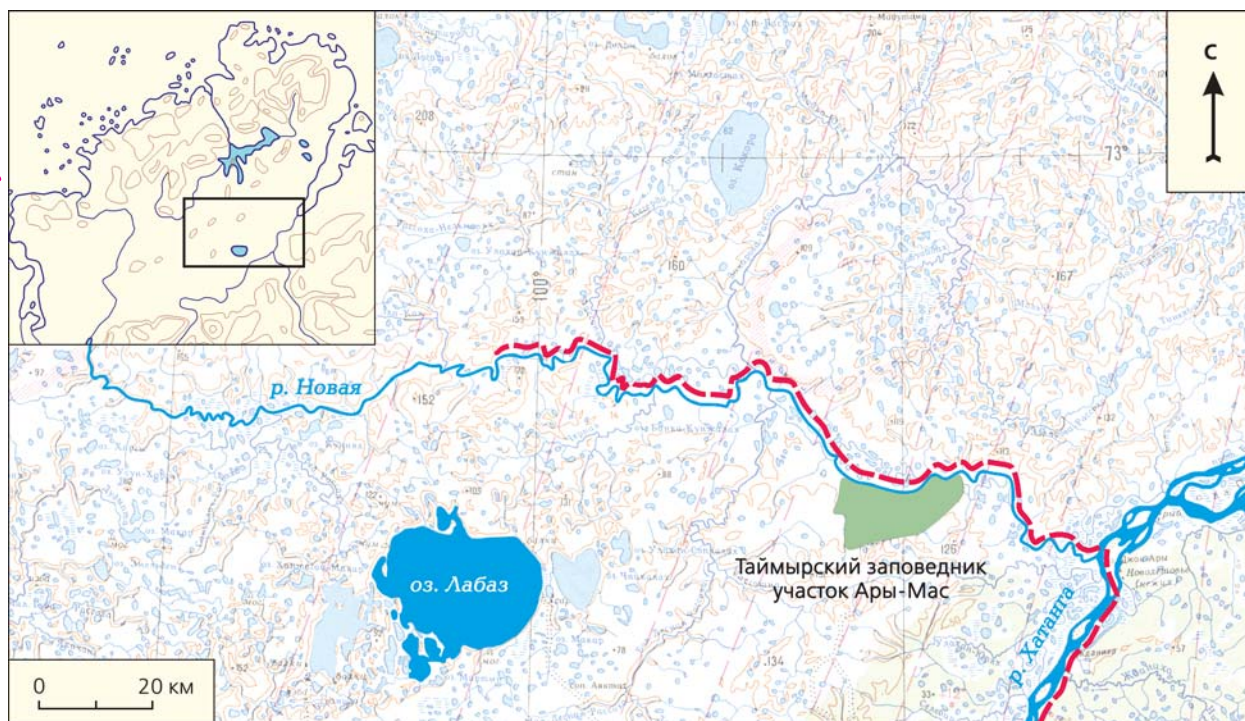
Зеркальная гладь р.Новой.

Здесь и далее фото В.А.Сараны



Один из многочисленных притоков р.Новой.





Карта Таймыра с указанием маршрута экспедиции по р.Новой.

мыре. Десять лет назад на оз.Лабаз работала совместная экспедиция геологического факультета МГУ и Института Вегенера (Германия), участники которой обнаружили такие льды [5]. Однако при изучении этих материалов ряд вопросов остается открытым: что за льды тогда нашли, какова площадь их распространения и соотношение с вмещающими породами, почему экспедиция не сделала описаний льдов в «леднике-холодильнике», вырытом в ледяном массиве, где аборигены хранили рыбу и мясо, и, наконец, как образовалось такое большое озеро?

Если посмотреть на крупномасштабную карту или космический снимок района оз.Лабаз, в глаза бросается скопление озер, приуроченных к прямолинейным возвышениям (Джангодо-Сынтабульской и Байкуранерской грядам), простирающимся с юго-запада на северо-восток. Озера эти имеют разную площадь и происхождение. Их приуроченность к данным воз-

вышениям понятна, поскольку они образовались во время таяния ледникового покрова [6], после отступления которого обычно образуются моренные озера. Но размеры оз.Лабаз заставляют задуматься — то ли оно приледниковое, то ли термокарстовое. Возможно, это реликт громадного озерного бассейна, который мог существовать до начала дегляциации северного ледникового покрова. По нашему мнению, на месте озера когда-то лежал крупный законсервированный ледяной останец, который постепенно вытаял, и на его месте образовалось современное озеро. Подтверждением этой гипотезы могут стать пластовые льды, которые обнаружены российско-германской экспедицией в теле узкой перемычки, разделяющей озера Лабаз и Харгы. Сегодня льды активно тают, и в будущем, возможно, перемычка исчезнет и озера сомкнутся, став единым водоемом. Но это всего лишь предположения, реальную суть вещей мы сможем увидеть только на месте.

Время зимних приготовлений пролетело быстро. И вот мы в Хатанге. Июль на Таймыре — самый комариный месяц, в этом мы убедились, как только сошли с трапа самолета. Но что нас удивило — так это не атака комаров, а пограничный контроль. Чтобы оформить пропуск нам, россиянам, необходимо заполнить кучу бумаг и согласовать их с государственными службами. Тем не менее немалочисленные группы ученых, даже иностранных, умудряются сюда попасть, в чем мы впоследствии смогли убедиться.

За время наших предыдущих многолетних странствий по Таймыру в Хатанге у нас появилось много друзей. Поэтому нас встречал наш друг И.Калмыков, геолог из «Полярки», так кратко здесь называют Хатангскую полярную геолого-разведочную экспедицию. Мы подъехали к «гостинке» (домику для гостей) и, пока ждали коменданта, наблюдали забавную картину, которая происходила прямо у входа. Два молодых американца,



участники другой экспедиции, пытались надуть резиновую лодку, чтобы проверить ее перед выездом в поле. Один из них держал ножную «лягушку» (помпу) в руках и сжимал ее с неистовой силой, нагнетая воздух в лодку. Второй, его коллега, махал над ним хозяйственным веником, отгоняя комаров. Вся эта незатейливая сцена происходила на наших глазах не менее 15 минут, но лодка ни в какую не надувалась. По-видимому, американцы слишком много внимания уделяли надоедливому комарам и поэтому не сразу догадались закрутить второй клапан, а ножную лягушку положить на землю и жать ее ногой. Заметив это, к американцам подошел их руководитель экспедиции, российский геолог, и быстро устранил возникший казус. Вот как бывает... и смех и грех.

День приезда пролетел в обществе наших старых друзей. Мы узнали, что: стоимость вертолетного часа стала непомерно высокой (наверное, цена здесь самая большая в стране), продукты подорожали, 92-го бензина в Хатанге нет и (что самое печальное) забросить нас попутно вертолетом на оз.Лабаз геологи не смогут из-за полной загрузки вертолета и необычной для здешних мест жары, при которой вертолет может взять значительно меньше полезного груза. А у нас было около 600 кг. Поэтому от желания попасть на озеро мы с легкостью отказались и приступили к осуществлению запасного варианта, исключавшего вертолет.

Из Хатанги на надувном рафте мы самостоятельно поднимаемся в самое верховье р.Новой и по ходу маршрута проводим исследования. Река протекает несколько севернее оз.Лабаз и пересекает поперек возвышенность, в пределах которой лежит озеро. Мы надеялись, что именно там в береговых обнажениях мы сможем найти пластовые льды, если, конечно, повезет. Теперь все зависело от нашего опыта, упорства, лодочно-



Начало путешествия. Слева — Ю.М.Кононов, справа — В.А.Сарана.

го мотора и «настроения» реки. Из-за жары вода в реках быстро падала, и чтобы забраться как можно выше, нам надо было спешить, — как говорят речники, «ловить воду», пока река не обмелела.

Три дня мы потратили на сборы, и 10 июля после обеда наш рафт уже скользил вниз по течению Хатанги. Река в своих низовьях довольно широкая, поэтому, если плывешь по центру реки, кажется, что стоишь на месте. И только тогда, когда русло подходило близко к берегу, становилось заметно, как быстро течение и мотор увлекают нас к туманной цели. Вскоре мы миновали пос.Жданиха, расположенный в 20 км от Хатанги на правом берегу реки. С реки поселок казался нежилым, людей не было видно, так как лето — это то короткое время, когда необходимо делать всевозможные запасы (в первую очередь рыбы) на длительную и суровую зиму.

Погода звенела. На небе ни тучки, легкий бриз и 22°C. На севере такая температура ощущается, как в Москве зимой. Впереди на реке у горизонта появлялись миражи, напоминавшие висячие острова. Когда мы подплывали к ним ближе, они опускались на землю и превращались в реальные острова с обширными пес-

чаными пляжами. Жара нас только подзадоривала, хотелось остановиться, пройтись по теплему песку и искупаться. Забыв о комарах, мы направили рафт к берегу. За такое легкомыслие тут же были наказаны. Тучи комаров даже не дали нам сойти на берег, стали атаковать и жалить так, как будто мы здесь были первыми и единственными существами, в жилах которых течет теплая кровь. Так и не искупавшись, мы еще долго плыли, преследуемые комарами.

Река Новая — левый приток Хатанги и впадает в нее в 40 км ниже поселка. Уже на подходе к Новой мы несколько раз наткнулись на скрытые мели, прежде чем нашли фарватер, по которому можно было плыть в реку. День клонился к концу, и нам предстояло найти удобное место для ночлега. Но сделать это не так-то просто. Казавшиеся с лодки красивыми песчаные берега были совсем непригодны для установки лагеря. Стоило нам причалить и ступить на грунт, как ноги увязали в грязи, ведь в устьевых участках рек во время половодья скапливается много ила, который делает берега вязкими и топкими. В итоге мы пришвартовались к высокому торфянистому берегу и стали бороться за жизнь. Воздух был



Ужин с комарами.

неподвижен, над тундрой, кроме назойливого комариного писка, не было слышно ни единого постороннего голоса. Варить еду было еще полбеды, но вот съесть ее под открытым небом и почувствовать вкус было невозможно. В считанные секунды на поверхности супа формировался слой комаров, который на глазах увеличивался и начинал шевелиться. Пришлось переместиться для приема пищи в палатку, где в дальнейшем мы всегда ели.

В низовьях Новой, поднимаясь вверх против течения, мы не чувствовали его силу. Наш рафт скользил по глади реки, разменивая поворот за поворотом. По берегам изредка встречались единичные разваленные строения, когда-то это были жилые балки охотников и рыбаков. Балками здесь называют небольшие каркасные постройки, обтянутые непромокаемой тканью или рубероидом. Сейчас, когда транспорт стал непомерно дорог, большая часть рыба-

ков ушла с реки. Проплыв 20 км, на левом берегу мы встретили первое обитаемое жилище. Вслед за собаками на высоком берегу появились две человеческие фигуры. Нас встречали Татьяна и Юрий Федосеевы. В этих местах сегодня встретишь не так-то много людей. Поэтому любой путник — это прежде всего свежие новости и средство от одиночества. Причалив к берегу, после недолгой беседы мы были приглашены на чай. Зайдя в балок, познакомились с настоящим хозяином этого старого жилища — долганом дедушкой Беленьким. Так называют Алексея Иннокентиевича Федосеева за белый цвет волос. Ему 81 год, но среди местного населения он настоящий долгожитель. Смолоду бродил по тундре с оленями, а теперь доживает свою жизнь в тундре в окружении дочери и зятя. Летом и осенью семья ловит рыбу, которую солят и вялят на ветру. Ближе к зиме семья переезжает в пос. Жданиха. Татьяна до недавнего времени была директором школы и преподавала в младших классах, а ее муж Юрий работал в той же школе учителем пения и труда. Вся семья деда Беленького ждет весну, чтобы опять вернуться в тундру, туда, где испокон веков жили их предки.

Долганы — самая молодая народность, проживающая на Таймыре, в XVII в. ее еще не существовало. Имеется несколько версий происхождения этого народа. Одна из них состоит в том, что долганы — это обьякученные нганасаны или эвенки. Известный этнограф Б.О. Долгих, который работал в Институте этнографии АН СССР и руководил Северной экспедицией института, считал, что эта народность стала формироваться только в XVIII в. в результате смешения тунгусов, якутов, русских и даже представителей самодийских народов [7]. Образовавшись как народность, долганы стали говорить на особом диалекте якутского языка. В настоящее время долганы живут



Первыми нас встречали собаки.



в основном в Хатангском, Авамском и Анабарском районах. Их около 6 тыс., на Таймыре около 5 тыс. Основное занятие долган — оленеводство и охота. Как и другие северные народности, они вели кочевой образ жизни. Вместе со своими домашними оленями летом углублялись в тундру, а к зиме возвращались к лесу. Оленей долганы запрягали как в нарты, так и под седло. Подходили к оленям и садились на нарты только справа. Благодаря оленям они могли далеко уходить в тундру и там пастись свое стадо. Поднимаясь по Новой, мы часто встречали на берегах старые кладбища и стоянки, на местах которых было разбросано много домашней утвари и предметов быта. Там были медные котлы, чайники, всевозможные деревянные и металлические приспособления для подвески котлов, оленьи седла и старые нарты. Все это постепенно поглощает тундра, и скоро о долганских кочевьях будут узнавать только из книжек и фотографий. Сегодня на Таймыре почти не осталось долган, которые жили бы традиционным образом жизни, чего не скажешь об их соседях — енисейских ненцах.

Распрощавшись с дедом Беленьким, мы наслаждались хорошей погодой и окружавшими нас видами. Каждый раз, завидев песчаную косу, мы ненадолго останавливались, чтобы окунуться в реке и немного остыть. Вода была теплой, а берега стали твердыми. Ну чем не море? Такие моменты на севере бывают исключительно редко и длятся непродолжительно.

Сопrotивляясь нарастающему течению реки, наш рафт уверенно выдавал 10 км/ч. Такая скорость позволяла внимательно осматривать обрывистые берега реки. Местами, где река подмывала торфяники, они обрушивались блоками, а на местах откола были видны повторно-жильные льды. Это современные льды, поэтому пристального внимания мы им не



Татьяна и Юрий Федосевы.

уделяли. Мы ждали встречи с более древними «артефактами», принадлежащими ледниковым эпохам. Еще у деда Беленького мы первый раз встретили на берегу гальку и небольшие валуны явно ледникового происхождения, принесенные рекой с верховий. На горизонте левого берега виднелась возвышенность, простиравшаяся в западном направлении, откуда и текла река. Эти массивы сформировались во время таяния ледникового покрова. Вот они как раз нам

и были нужны, но добраться туда пешком по тундре было далеко. Да и смысла в этом не было. Надо искать места, где есть обнажения, там, где мы сможем заглянуть внутрь этих гряд. День клонился к вечеру, а жара так и не спадала. В знойном воздухе тундры казалось, что далекие холмы парят над тундрой. Из-за этого они были похожи на высокие горы, хотя их высоты не превышают 150 м.

К вечеру третьего дня мы добрались до Ары-Маса, одного из



С.Н.Тимирева в гостях у Алексея Иннокентиевича Федосеева (деда Беленького).



Утварь, оставленная на долганском кочевье.

кластерных участков Таймырского заповедника, который представляет собой островок леса среди тундры. На большей части территории Таймыра из-за сурового климата растительность бедна. Здесь самый низкий коэффициент лесистости в РФ — всего 3.7%, практически вся территория полуострова лежит в пределах арктической безлесной тундры. Только самая южная

его часть находится в зоне лесотундры. Лесная растительность в Ары-Масе представлена даурской лиственницей. Высота деревьев 4–7 м, отдельных старых лиственниц — до 10 м при толщине стволов 25–30 см; в среднем толщина стволов 10–14 см. В подлеске обычны ерник, багульник, голубика; в поймах — ивы, ольховник, иногда шиповник и смородина. Массив Ары-

Мас — реликт, в прошлом он соединялся с лесной растительностью по долине р.Новой.

Произрастающие здесь деревья, находящиеся на северном пределе своего ареала, представляют большой интерес для дендроклиматических исследований. А тот факт, что прирост древесины осуществляется ежегодно в течение теплого периода и выражается в виде четко определяемых годовых колец, делает каждое растение уникальным палеоклиматическим архивом. Плотность и ширина годовых колец свидетельствуют о климатических условиях периода формирования дерева. Сопоставление временной серии годовых колец (какого-либо из их параметров) с данными инструментальных измерений ближайшей метеостанции позволяет получить простую математическую модель, трансформирующую параметр годового кольца в климатическую характеристику, а именно — в температуру воздуха теплого сезона. Кроме того, дендрохронологические методы позволяют соединять временные серии (хронологии) живых деревьев с мертвыми и ископаемыми и по-



Возвышенность, сформировавшаяся во время дегляциации муруктинского ледникового покрова.





Ары-Мас — участок Таймырского заповедника.

лучать в результате непрерывные хронологии, охватывающие длительные периоды; как следствие, рассчитываются длинные (сотни лет) и сверхдлинные (тысяча и более лет) палеоклиматические реконструкции с высоким (год/сезон) временным разрешением.

Сейчас в мире существует не так много древесно-кольцевых хронологий, охватывающих более 1 тыс. лет. Но на Таймыре сотрудникам Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН (Красноярск) удалось создать несколько сверхдлинных рядов [8]. Некоторые из мест отбора образцов для этих хронологий находятся в долине р. Новой, т.е. в районе нашего путешествия. Мы наблюдали в береговых отложениях очень много хорошо сохранившихся фрагментов (а иногда и целые стволы деревьев) там, где современный лес уже не растет. Это дает уверенность, что дендрохронологические исследования здесь имеют хорошую перспективу.

На кордоне есть приличные постройки, где живут сотрудни-

ки и приезжие исследователи тундры. Время было полуденное, мы не стали здесь останавливаться, а только расспросили обитателей заповедника о наличии пластовых льдов в округе и, получив отрицательный ответ,

простились и отправились дальше вверх по реке.

Просыпаясь, каждое утро мы с тревогой наблюдали, как быстро падал уровень реки. Все чаще натывались на мели, а в некоторых местах приходилось поки-



Стволы деревьев в береговом обнажении.



Береза с хорошо сохранившейся корой.

дать рафт и перетаскивать его вручную. Поэтому мы старались проходить в день как можно больше, не останавливаясь для обследования берегов. Единственное, что нам помешало быстро двигаться, это поднявшийся шторм на шестой день пути. Но, как потом оказалось, он был кстати. Воспользовавшись остановкой, мы смогли пополнить свои продовольственные запасы оленим мясом и сделать небольшой пеший выход на отроги Сампесинской ледниковой гряды, в пределах которой лежит оз.Лабаз. Здесь р.Новая поч-

ти вплотную подходит к ее склонам и подмывает их, в результате чего на правом берегу реки формируются небольшие песчаные обнажения. На одном из них мы решили сделать зачистку и описать ее.

При зачистке склона мы наткнулись на бревно, которое было погребено в песках первой надпойменной террасы (72°39.916'с.ш., 100°10.271'в.д.; абсолютная высота 13 м). Поначалу находка особого интереса у нас не вызвала, поскольку берега Новой усыпаны подобными (и даже большего разме-

ра) бревнами. Это остатки леса, росшего здесь 4–6 тыс. лет назад. Но когда мы расчистили бревно полностью, обнаружилось, что это ствол белоствольной березы с хорошо сохранившимися остатками коры. Если здесь росли березы такой толщины, значит, климат должен был быть достаточно теплым. Но наше удивление еще больше возросло, когда мы получили радиоуглеродную дату  $37800 \pm 3100$  лет назад (IGSB-1422). Именно это время соответствует этапу существенного потепления — каргинскому интерстадиалу. В отдельные его отрезки климат был теплее современного. Так, в эпоху климатического оптимума каргинского времени (42–34 тыс. лет назад) температура июля поднималась до 13–14°C (сейчас она составляет ~12.5°C). По данным спорово-пыльцевого анализа, в это время произрастала древесная растительность — лиственница, ель, береза, а из кустарниковых пород наиболее широко были представлены кустарниковая береза и кустарниковая ольха [9]. Кора могла сохраниться, если дерево было законсервировано в мерзлоте. Эта работа стала подтверждением существования иных, более теплых и влажных, условий на Таймыре в каргинское время.

**Окончание статьи  
в следующем номере**

## Литература

1. Сарана В.А. Ледники туманных гор // Природа. 2008. №6. С.43–53.
2. Величко А.А., Фаустова М.А., Кононов Ю.М. Оледенение // Динамика ландшафтных компонентов и внутренних морских бассейнов северной Евразии за последние 130 000 лет / Отв. ред. А.А.Величко. М., 2002. С.13–22.
3. Соломатин В.И. Петрогенез подземных льдов. Новосибирск, 1986.
4. Дубиков Г.И., Корейша М.М. Ископаемые инъекционные льды полуострова Ямал // Изв. АН СССР. Сер. Географ. 1964. №5.
5. Russian-German Cooperation. The Expedition Taymyr 1994 // Eds Ch.Siegert, D.Bolshiyarov. Berlin, 175, 1995.
6. Антропоген Таймыра / Отв. ред. Н.В.Кинд, Б.Н.Леонов. М., 1982.
7. Долгих Б.О. Происхождение нганасан // Сибирский этнографический сборник. Т.1. М.; Л., 1952. С.5–87.
8. Ваганов Е.А., Бриффа К., Наурзбаев М.М. и др. Длительные климатические изменения в арктической области Северного полушария // Докл. РАН. 2000. Т.3–5. №1. С.103–106.
9. Andreev A.A., Siegert Ch., Klimanov V.A. et al. Late Pleistocene and Holocene Vegetation and Climate on the Taymyr Lowland, Northern Siberia // Quaternary Research. 2002. V.57. P.138–150.



# Колыбель отечественной медицинской науки

## К 120-летию Института экспериментальной медицины

Институт экспериментальной медицины (ИЭМ) — это достояние страны. За 120 лет своего существования он прошел несколько периодов, которые непосредственно связаны с такими прославленными именами, как И.П.Павлов, С.Н.Виноградский, Д.К.Заболотный, В.Л.Омелянский, А.А.Заварзин, Н.Г.Хлопин, В.А.Энгельгардт, Е.М.Крепс, М.С.Лукьянов, М.В.Ненцкий, Е.С.Лондон, Л.А.Орбели, Н.Н.Аничков, С.В.Аничков, А.А.Сморodinцев, В.И.Иоффе и многие другие. В основу организации ИЭМ впервые в мире был заложен принцип университетской структуры. Это «высшее научное медицинское учреждение академического типа» стало не только колыбелью отечественной фундаментальной науки, решающей задачи практической медицины, но и прародителем многих известных научно-исследовательских институтов, лабораторий и кафедр. На базе ИЭМ была создана Российская академия медицинских наук. Сегодня в ИЭМ ведутся исследования различного уровня, от молекулярного до организменного, с использованием самых современных технологий. Отмечая впечатляющую дату, наш журнал предоставляет слово известному историку и летописцу института Ю.П.Голикову.

Ю.П.Голиков,  
кандидат биологических наук  
Санкт-Петербург

Все началось с посещения царской четой в конце ноября 1890 г. Института на Аптекарском острове, который предполагалось устроить наподобие Пастеровского в Париже. А уже 6 декабря Александр III в Гатчинском дворце подписал Указ о создании *Института экспериментальной медицины* и о даровании ему названия *Императорский*. В настоящее время это Научно-исследовательский институт экспериментальной медицины Северо-Западного отделения Российской академии медицинских наук (НИИЭМ СЗО РАМН).

Он был основан принцем Александром Петровичем Ольденбургским\*, который считал

и неоднократно говорил, что создание ИИЭМ — главное дело его жизни.

8 декабря 1890 г. ИИЭМ освятили и торжественно открыли. Его Высочество принца Ольденбургского царь назначил попечителем — «Высшим управляющим и главным начальством», как говорилось в Уставе Института [1]. Всем было известно кредо принца — *The right men on the right place* (нужный человек в нужном месте). Кроме того что принц был известным меценатом, теперь ему пришлось стать еще и организатором науки, в чем он проявил несомненный талант: не только пригласил работать в ИИЭМ известных ученых, но и сумел привлечь для нужд своего детища российский и иностранный капитал: на ИИЭМ жертвовали аристократы, банкиры и российские купцы. Среди них были промышленники Сименсы, Нобели и прочие.

### Принцип университетской структуры

За 120 лет существования ИЭМ прошел несколько периодов, непосредственно связанных с известными учеными, которые его возглавляли.

Действительный член РАМН А.А.Тотолян, старейший сотрудник ИЭМ, считает, что «быть директором — трудная задача. Она была и будет таковой во все времена, если к выполнению функций и обязанностей директора относиться творчески, понимая, что суть дела состоит главным образом в определении и в реализации стратегии развития и управления учреждением, в определении его перспектив, а не в решении каждодневных отвлекающих суетных тактических неурядиц и мелких дел, количество которых, особенно в условиях бюрократических режимов функционирования, разномысленными волнами ежедневно накатывается на руково-

\* Дополнительные сведения о принце А.П.Ольденбургском, а также о строительстве и архитектуре зданий ИЭМ читатель может получить, прочитав очерк Ю.П.Голикова «Институт на Аптекарском острове» (Природа. 2008. №9. С.91–95). — *Примеч. ред.*

© Голиков Ю.П., 2010



Принц Александр Петрович Ольденбургский.

дителя, интерферируя с тем, что должно быть главным в его деятельности» [2. С.60].

В период 1890—1917 гг. ИИЭМ относился к Медицинскому департаменту МВД. Исследования предусматривали не только всестороннее изучение причин болезней, но и решение практических вопросов борьбы с различными инфекционными

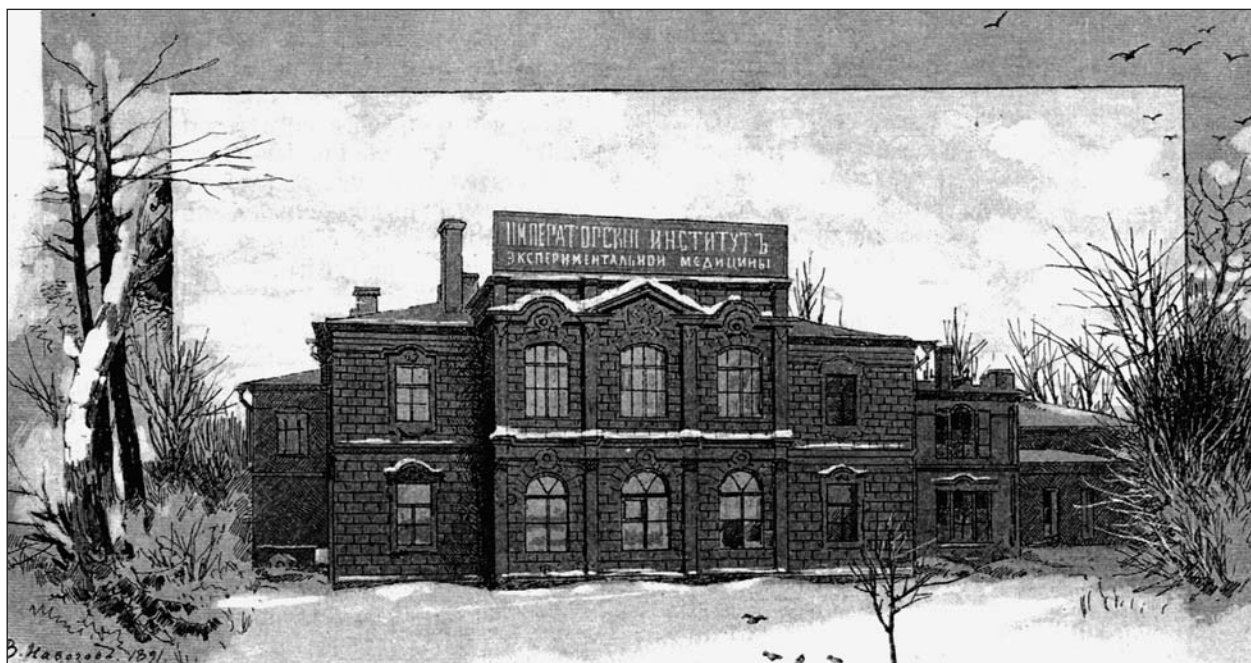
заболеваниями. Разрабатывались методы борьбы с бешенством, холерой, сибирской язвой, чумой и другими заболеваниями. Здесь были выполнены одни из первых в России научные исследования по чуме, холере, дизентерии, а также началось производство первых вакцин и лечебных сывороток. Тут впервые в стране разработали методики прививок против чумы, холеры, дифтерии. В ИИЭМ занимались решением и других актуальных проблем практической медицины — все это из года в год в неустойчивой работе Института приносил в отечественную и мировую науку.

В отличие от институтов Пастера и Коха, в основу его организации впервые в мире заложили принцип университетской структуры. Созданный как «высшее научное медицинское учреждение академического типа», ИИЭМ стал колыбелью отечественной фундаментальной науки, которая решала в том числе и проблемы практической медицины. В нем велись исследования различного уровня — от молекулярного до организменного, а университетский,

т.е. многопрофильный, принцип структуры для решения какой-либо задачи позволял привлекать одновременно несколько подразделений.

В ИИЭМ создали шесть отделов, каждый из которых по своему научному потенциалу мог быть приравнен к узкопрофильному институту. Этот принцип был реализован здесь впервые, тем самым именно тут начался процесс институционализации ряда медико-биологических дисциплин в стране и формирования научных школ, которые в дальнейшем создали Институт мировую славу. Именно поэтому он стал не только крупным научным центром и отличной школой подготовки квалифицированных кадров, но и родоначальником целого ряда научных институтов, лабораторий и кафедр в нашей стране и за ее пределами.

С момента открытия в ИИЭМ работало его *Первое практическое отделение — СПб-пастеровская прививочная станция* во главе с Владимиром Алексеевичем Краюшкиным, подчиненным непосредственно принцу Ольденбургскому.



Здание Института экспериментальной медицины. Гравюра 1891 г.

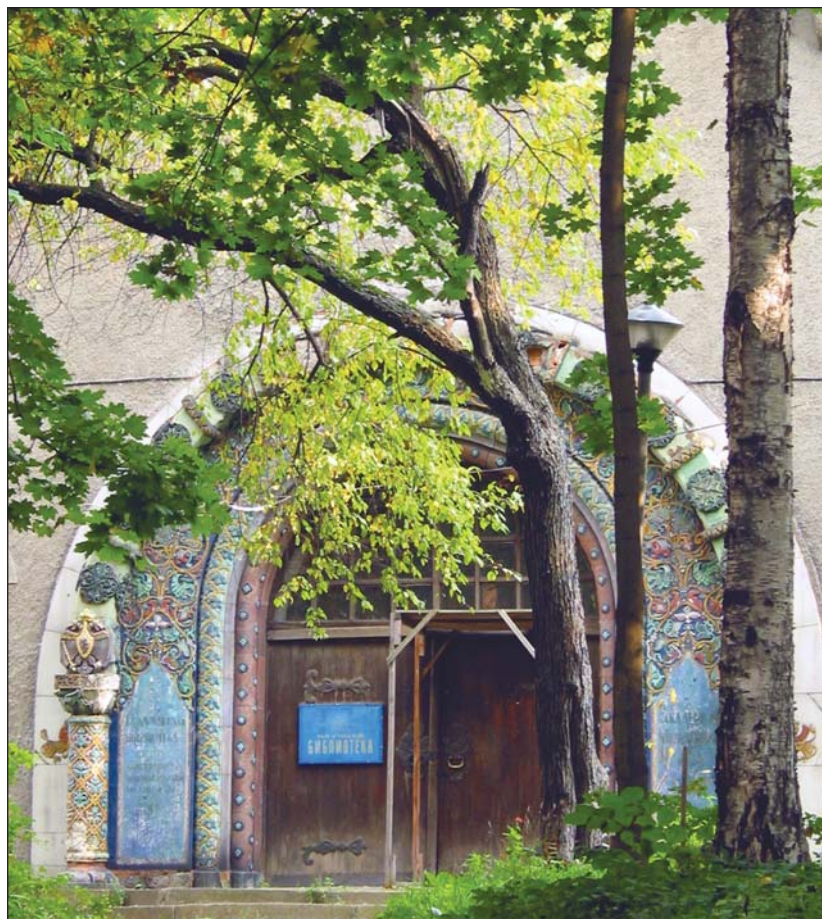


## Начало интенсивного развития

Первым директором ИИЭМ попечитель назначил Эдуарда Фридриха Шперка, бывшего главного врача Калинкинской кожно-венерологической больницы, который сумел в кратчайший срок организовать многогранную работу. Одновременно с директорством он возглавил *Отдел сифилидологии*. Именно ему, одному из основоположников медицинской географии и крупнейшему дерматологу страны, принадлежит идея создания при ИИЭМ кожной клиники, которая была реализована его учеником А.Н.Соловьевым в 1906 г.

После кончины Шперка в 1894 г. ИИЭМ возглавил Сергей Михайлович Лукьянов, занимавший до этого кафедру общей патологии Университета Варшавы. Он реорганизовал Отдел сифилидологии в *Отдел общей патологии*. Став директором, он способствовал Е.С.Лондону в развертывании исследований по радиобиологии, рентгенологии и иммунитету. Судьба цитопатологии в России также связана с деятельностью Лукьянова, который выполнил фундаментальные работы, посвященные теоретическим основам общей патологии, изучению изменений строения клеток и их составных частей при экспериментально вызванном поражении патологическими процессами. Лукьянов исходил из принципа, что за морфологической структурой скрывается «структура физико-химическая». Акцентируя внимание на физиологических и физико-химических аспектах клеточной патологии, он стремился к постижению связей и взаимодействия «системы жизненных очагов» многоклеточного организма и к созданию молекулярной патологии, основанной на знании законов молекулярной механики и микрохимического анализа.

Важное направление исследований Лукьянов видел в изучении влияния гуморальных фак-



Вход в библиотеку.

торов, и прежде всего ферментов, на функционирование клеток и обеспечение их взаимодействия. Он осуществил синтез разных направлений в области патологии — солидарного, целлюлярного и гуморального. Идеи Лукьянова, углубляющие понимание сложности функциональных внутриклеточных и внеклеточных процессов, получили дальнейшее развитие в цитохимических исследованиях, а начиная с середины XX в. (благодаря применению электронного микроскопа) — и в работах, относящихся к ультраструктурной патологии и молекулярно-генетическому направлению в медицине и биологии.

13 января 1895 г. Лукьянов обратился к Совету с просьбой разрешить ему организовать и бесплатно провести в Институте цикл лекций по патологи-

ческой физиологии. Одновременно с аналогичной просьбой о чтении лекций только по физиологии пищеварения обратился И.П.Павлов. Совет ИИЭМ дал согласие обоим. Лукьянов стал родоначальником традиции выступления ведущих ученых в день рождения ИЭМ — *актовый день*, дошедший до нашего времени.

В 1905 г. ИИЭМ и Отдел общей патологии возглавил Владимир Валерьянович Подвысоцкий\*. Его научные интересы были сосредоточены на изучении экспериментальной патологии, этиологии злокачественных

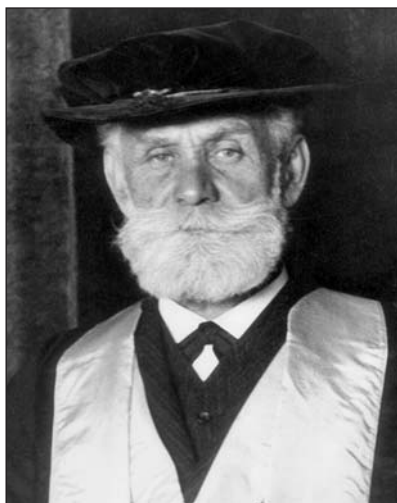
\* В 2007 г. в «Природе» (№10. С.63—71) была опубликована статья Ю.П.Голикова «Предугадавший вирусную природу рака. К 150-летию В.В.Подвысоцкого», высоко оцененная нашими читателями, нашедшими в ней интересные научные факты и увлекательный сюжет. — *Примеч. ред.*



Э.-Л.Ф.Шперк.



С.М.Лукьянов.



И.П.Павлов

опухолей и их химиотерапии. По его инициативе на базе ИИЭМ было проведено несколько холерных курсов и 1-й санитарно-бактериологический курс для врачей. Благодаря его деятельности удалось удешевить производство лечебных сывороток и вакцин, которые тут и производились. При нем была закончена постройка и введена в эксплуатацию на берегу Большой Невки Клиника кожных болезней — *Второе практическое отделение*, деньги на ее строительство и содержание пожертвовали купцы Синягины. После молебна, посвященного открытию клиники, при выходе из храма, террористом-эсером был застрелен градоначальник Санкт-Петербурга В.Ф.фон дер Лауниц.

В 1911 г. Подвысоцкого назначили правительственным комиссаром Международной гигиенической выставки в Дрездене. Там в отдельно стоящем здании был организован большой отдел России, в котором, в частности, была представлена деятельность ИИЭМ.

### Время М.В.Ненцкого

Организацию *Отдела химии* по поручению принца предпринял всемирно известный бактериолог и биохимик Марсел Вильгельмович Ненцкий. Он уже в 1892 г. совместно с И.П.Павловым, М.А.Ганном и В.Н.Массеном выполнил первое в ИИЭМ комплексное физиолого-химическое исследование [3]. Ими было показано, что образование мочевины происходит в печени, но не только в ней, и что непосредственным источником мочевины является аммиак. Вместе с И.П.Павловым и И.А.Залесским Ненцкий изучал роль печени в мочевинообразовании и исследовал происхождение аммиака в организме. В итоге Ненцкий выдвинул теорию синтетического образования мочевины у млекопитающих. Он также провел работы с производным мочевой кислоты — индо-

лом. Огромное значение имели его работы по исследованию процессов брожения и гниения. По его инициативе в ИИЭМ организовали курсы для ознакомления желающих со способами и средствами борьбы с инфекциями, что было вызвано вспыхнувшей в России холерной эпидемией. 23 июня 1892 г. он отправился в экспедицию «для прекращения холерной эпидемии».

В дальнейшем, в 1895—1898 гг., Ненцкий выезжал несколько раз в области чумных эпидемий рогатого скота. Именно ему было поручено Советом ИИЭМ наладить выпуск и химический контроль качества вакцин и сывороток. Важные результаты были достигнуты Ненцким в связи с изучением кровяного пигмента гемоглобина, разработана методика получения чистого гемина и его производных. Точными анализами он установил их элементарный состав, описал важнейшие функции и предположительно дал структурные формулы. Эти исследования во многом определили дальнейшее развитие работ в области биохимии. Изучая кроме кровяных и другие пигменты — хлорофилл, желчные и мочевые, он доказал их структурное сходство и химическое родство: либо путем превращения их друг в друга, либо получая при разложении каждого из них один и тот же продукт — гемипиррол. Подводя итоги этих исследований, Ненцкий указывал на их существенное значение для биологической химии, поскольку они «проливают свет на отдаленнейшие моменты в истории развития организованного мира» и свидетельствуют об «общности происхождения животного и растительного царства». Тем самым Ненцкий намечал развитие в дальнейшем сравнительной и эволюционной биохимии. Существенно, что эволюционное значение его биохимических работ было по достоинству оценено современниками [4. С.3].



Отдел физиологии организовал и возглавил заведующий кафедрой фармакологии Военно-медицинской академии Иван Петрович Павлов\*. Он сумел за счет пожертвования Альфреда Нобеля уже в 1894 г. выстроить и оборудовать специальную операционную и клинику для собак. Это позволило Павлову провести исследования, прочесть курс лекций о работе главных пищеварительных желез и по результатам опубликовать монографию. За эту работу в 1904 г. его первым из отечественных ученых наградили Нобелевской премией.

После кончины Подвысоцкого в феврале 1913 г. ИИЭМ возглавил ученик Ненцкого Симон-Леонард Конрадович Держговский. Еще в 1894 г. он создал лабораторию по производству противодифтерийной сыворотки. Чтобы доказать безвредность для организма человека иммунизации против дифтерии, Держговский поставил на себе опыт по введению дифтерийного токсина. В 1902 г. он реорганизовал лабораторию в Практическое гигиеническое отделение, которое и возглавил. Во время Русско-японской войны 1904–1905 гг. и войны 1914–1918 гг. он вел в ИИЭМ специальные курсы для военных дезинфекторов. В 1910 г. организовал Отдел практической гигиены. Под его руководством был решен целый ряд важнейших вопросов практической медицины: о месте и условиях образования дифтерийного токсина и антитоксина в организме человека и об активной иммунизации малыми дозами токсина с целью профилактики заболевания. Был проведен цикл исследований источников питьевой воды в Царском Селе и Петербурге, предложены приспособления для обеззараживания питьевой воды с использованием озона, хлора и ультрафиолето-

\* Редакция выпустила специальный номер, посвященный 150-летию Ивана Петровича Павлова. См.: Природа. 1999. №8. — *Примеч. ред.*

вого облучения. Была проделана огромная работа по внедрению разработок ИИЭМ в практику.

В 1913 г. отмечалось 300-летие дома Романовых — особая вежа в истории страны и ИИЭМ. В этой связи Ивана Петровича Павлова по приказу принца назначили *почетным директором* ИИЭМ «в знак признания его заслуг перед наукой». Павлов принимал участие в создании Института и до своей кончины руководил Отделом физиологии. Признанный в стране и в мире ученый, Нобелевский лауреат, он дважды (в 1890 и 1894 гг.) отказался от предложения принца стать директором, но в тех случаях, когда директор отсутствовал, болел или в иных подобных ситуациях исполнял эти обязанности.

### Знаменательная личность

Во главе *Отдела общей бактериологии* со 2 июля 1891 г. стоял блестящий биолог Сергей Николаевич Виноградский\*\*, уже тогда приобретший широкую известность своими исследованиями хемосинтеза. В первые годы работы он сформулировал принцип элективных сред и открыл свободноживущие азотфиксирующие бактерии. В январе 1894 г. в Москве состоялся IX съезд естествоиспытателей и врачей, на пленарном заседании которого Виноградский выступил с докладом «О круговороте азота в природе», который привлек всеобщее внимание — в нем сообщалось о выдающемся научном открытии, сделанном в России. Ему впервые удалось получить чистую культуру азотфиксирующих бактерий и с помощью безупречных химических

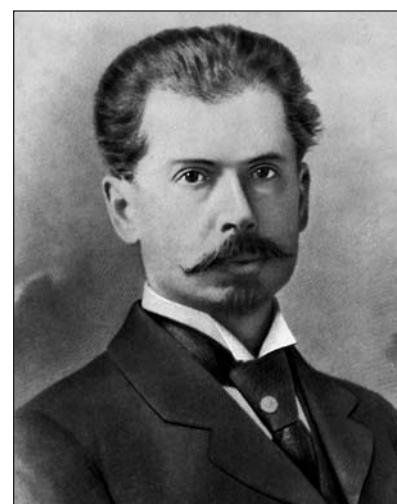
\*\* О С.Н.Виноградском наш журнал писал неоднократно. Приведем последние публикации: Голиков Ю. П., Савина Г. А., Заварзин Г. А., Виноградский С. Н. Непревзойденные заслуги С.Н.Виноградского и его исповедь. К 150-летию со дня рождения (Природа. 2006. №7. С.59–71); Пилляр А. М. Книга в книге о великом микробиологе (Природа. 2009. №8. С.87–91). — *Примеч. ред.*



В.В.Подвысоцкий.



С.-Л.К.Держговский.



С.Н.Виноградский.

анализов доказать ее способность связывать азот. Это было первое в мире экспериментальное исследование, блестяще представившее картину круговорота важнейшего элемента.

Виноградский был директором с 1902 по 1905 г. Во время Гражданской войны как член-корреспондент АН Франции он выехал в Марсель. В 1922 г. он обратился к директору Пастеровского института Эмилю Ру с просьбой предоставить ему возможность заняться экспериментальной работой и стал заведовать лабораторией почвенной микробиологии в городке Бри-Комт-Робер, в 30 км от Парижа. В 1923 г. по представлению Омелянского и Заболотного его избрали *почетным академиком* Петербургской АН. Небывалый и единственный случай за всю историю АН — избрание эмигранта! Более того, он единственный из тех, кто, проживая вне СССР, не лишился этого статуса!

## Борьба с эпидемиями

Отдел патологической анатомии возглавил прозектор Военно-медицинской академии и Боткинской больницы Николай

Васильевич Усков, вошедший в историю мировой науки, по определению академика Н.Н.Аничкова, как «первый отечественный гематолог». С 1899 г. отделом руководил его ученик А.Е.Селинов. Большая часть выполняемых в Отделе работ касалась патологии крови, кроветворения и инфекционной патологии.

Отделом эпизоотологии ведал магистр ветеринарных наук Кристап Янович Гельман, изучавший этиологию сапа, сибирской язвы и других инфекционных заболеваний и заложивший основы диагностики особо опасных инфекций. Для мировой науки громадное значение имеют работы Гельмана по иммунитету.

В конце 1890-х годов Российская империя пережила несколько неурожайных лет, на ее территории свирепствовали эпидемии холеры и чумы, уносящие тысячи жизней. В 1897 г. ИИЭМ стал опорной базой *Особой комиссии по предупреждению занесения в пределы империи чумной заразы* под председательством принца Ольденбургского. Его заместителем по научной работе стал ученик Гельмана Александр Александрович Владимиров, а по финан-

сам — Сергей Юльевич Витте. В том же году Владимиров создал при отделе *Особую лабораторию по заготовлению противочумных препаратов ИИЭМ*, которую с 1901 г. разместили на форте *Император Александр I* около Кронштадта. Лаборатория предназначалась для производства вакцин и сывороток от чумы и холеры. Это было одно из первых в мире массовых производств препаратов, где также готовили кадры специалистов-чумологов и организовывали экспедиции по ликвидации чумных и холерных вспышек и эпизоотий. Там произвели сотни тысяч доз вакцин и сывороток для предупреждения и лечения особо опасных инфекций. Лабораторию закрыли в 1918 г. из-за тяжелого экономического положения ГИЭМ [5].

## Не Императорский, а Государственный

Следует отметить, что до 1918 г. более 2500 человек получили в ИИЭМ специализацию в различных областях биологии и медицины. Две революции 1917 г. привели к административным перестановкам, в результате которых должность попечителя была упразднена, а его функции принял на себя Совет. После Февральской революции ИЭМ стал называться Государственным.

В период 1917—1932 гг. Государственный институт экспериментальной медицины (ГИЭМ) существенно расширился. Для развития исследований по физиологии и патологии высшей нервной деятельности решающее значение имело Постановление Совнаркома в 1921 г. об обеспечении работ академика И.П.Павлова.

Трудно переоценить влияние сформировавшихся в институте физиологической, биохимической и микробиологической научных школ на последующее развитие этих дисциплин и некоторых других облас-



«Чумной форт».



тей биологии и медицины. С конца 1917 г. директором ГИЭМ стал А.А.Владимиров, заведовавший *Отделом эпизоотологии*, в котором велись исследования сибирской язвы, дизентерии, возвратного тифа и т.д. В дальнейшем он преобразовал его в *Отдел медицинской микробиологии*, который затем возглавил его ученик Оскар Оскарович Гартох. Обширные знания, выдающиеся способности и высокая результативность его исследований в области инфекционных патологий — сапа, туберкулеза, чумы, сибирской язвы, а затем и проказы — принесли ему известность и признание ученого мира. Его знали и высоко ценили лауреаты Нобелевских премий Р.Кох, П.Эрлих, И.И.Мечников, Э.А.Беринг. Авторитет Владимирова был чрезвычайно высок. С его именем связано возникновение и развитие в России прикладной иммунологии чумы. Владимиров занимался проблемами проказы, посещал лепрозории. Он ездил в Якутию, где обследовал состояние и положение больных; организовал лепрозную станцию в Ленинграде в 1920-е годы, где готовились кадры клиницистов и санитарных врачей для борьбы с проказой. Он не раз представлял Россию на международных научных форумах, состоял членом редакционных советов нескольких европейских специализированных журналов. Его труды преимущественно связаны с инфекционной патологией.

В 1924 г. был организован *Отдел экспериментальной фармакологии* во главе с Николаем Павловичем Кравковым, а вскоре после его безвременной кончины отдел возглавил ученик Павлова Владимир Васильевич Савич, под руководством которого проводились широкие исследования влияния веществ на регуляцию сердечно-сосудистой, желудочно-кишечной и эндокринной систем. После смерти Савича (1936) отдел прекратил существование.

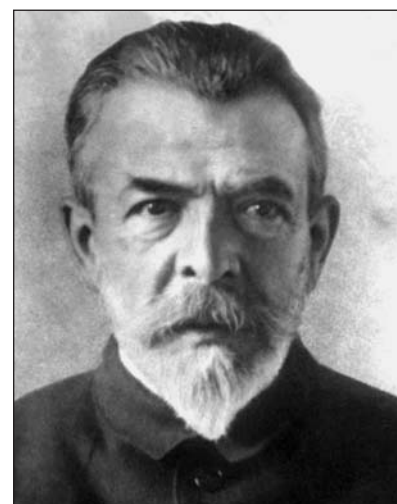
С 1927 г. ГИЭМ возглавил биохимик Сергей Сергеевич Салазкин, в прошлом ректор Женского медицинского института. Благодаря его опыту и организаторским способностям ГИЭМ был значительно расширен и занял весьма значимые позиции не только в СССР, но и за границей. При этом Салазкин тяжело переживал курс на «политизацию» науки и из-за этого в 1931 г. подал просьбу об освобождении от должности директора, которая была удовлетворена. Ему на смену пришел член ВКП(б) физиолог Лев Николаевич Федоров, также ученик Павлова. В период его руководства в 1932 г. ГИЭМ был преобразован во Всесоюзный Институт экспериментальной медицины — ВИЭМ (1932—1934).

### Филиал

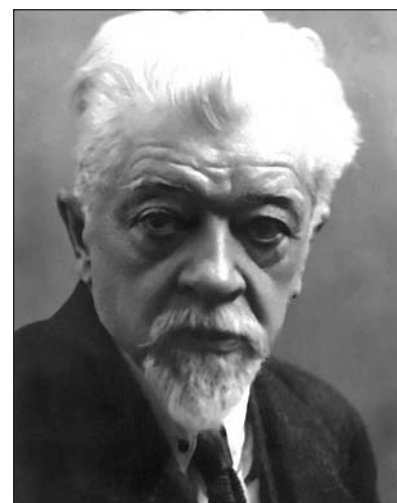
Известно, что М.Горький интересовался деятельностью ГИЭМ. Он-то и предложил реорганизовать его во Всесоюзный ИЭМ, подчиненный Совету народных комиссаров СССР.

В 1934 г. ВИЭМ перевели в Москву, а в Ленинграде остался его филиал. С 1934 по 1944 г. в Ленинградском филиале ВИЭМ — ЛФ ВИЭМ продолжалось интенсивное развитие научных исследований. В клиниках нервных и психических расстройств изучался широкий круг проблем физиологии и патологии высшей нервной деятельности. Сотрудники ЛФ ВИЭМ в непростых условиях продолжали проводить фундаментальные исследования, несмотря на голод, эпидемии, разруху, репрессии.

После переезда Федорова в Москву директором ЛФ ВИЭМ стал еще один ученик Павлова — Николай Николаевич Никитин, член ВКП(б). В марте 1936 г. ему присвоили ученую степень кандидата медицинских наук без защиты диссертации, а в августе того же года он выбросился с 6-го этажа в пролет лестницы дома, в котором проживал. Воз-



А.А.Владимиров.



С.С.Салазкин.



Л.Н.Федоров.



Н. Н. Никитин.

можно, причиной самоубийства стал страх ареста: на процессе Зиновьева—Каменева Вышинский объявил о начале следствия по делу Н. И. Бухарина, с которым Никитин не раз встречался. Руководимую им лабораторию психофизиологии расформировали, а через несколько месяцев арестовали почти всех ее сотрудников. Летом 1937 г. в ЛФ ВИЭМ был закрыт *Отдел общей биологии*, а его заведующий Эрвин Симонович Бауэр и его супруга арестованы и вскоре погибли. Далее арестовали Гартуха, а в октябре 1937 г. — «пособника врагов народа», и.о. директора, члена ВКП(б) Рудольфа



Д. Н. Насонов.

Энновича Яксона, которого постигла участь четы Бауэров.

В 1940 г. ЛФ ВИЭМ торжественно отметил свое 50-летие. Следующий директор, член ВКП(б) Сурен Хуршудович Мусаэлян, невропатолог, счастливо избежал ареста и руководил ЛФ ВИЭМ до конца 1944 г. Во время войны и блокады Институт продолжал работать. В двух корпусах размещались военные госпитали, а оставшиеся в блокадном городе сотрудники вели исследования. С лета 1942 г. здесь проходили ежегодные научные конференции, посвященные И. П. Павлову. Более 100 сотрудников, работавших в блокадном городе и воевавших на Ленинградском и Волховском фронтах, были награждены медалями за оборону Ленинграда и за победу над фашистской Германией.

### Рождение Медицинской академии

В 1944 г. на основе ВИЭМ создали Академию медицинских наук СССР, взяв за основу структуру ИИЭМ, и ЛФ ВИЭМ вошел в ее состав в качестве самостоятельного учреждения под своим старым названием, сохранив многопрофильную структуру университетского типа с комплексным подходом к решению фундаментальных проблем медико-биологической науки и здравоохранения.

В период 1944—1948 гг. Институт экспериментальной медицины АМН СССР вторично возглавил Л. Н. Федоров, и под его руководством ИЭМ АМН СССР активно восстанавливался после блокады и войны. В 1948 г. по его предложению вновь был открыт Отдел фармакологии. Его с 1948 по 1981 г. бессменно возглавлял Сергей Викторович Аничков, чье имя в настоящее время носит *Отдел нейрофармакологии* [6]. С работой Аничкова связаны наиболее значимые успехи в этой области. Фундаментальные исследования, проведенные коллективом его

сотрудников, позволили обнаружить новые неизвестные ранее явления и факты, зарегистрированные в Государственном реестре в качестве открытий.

И сегодня последовательно продолжаются изыскания высокоэффективных лекарственных средств, новых способов лечения социально значимых заболеваний. С помощью нанотехнологических подходов разрабатываются носители для целенаправленной доставки лекарственных препаратов в соответствующие клетки и ткани.

В 1948 г. директором ИЭМ стал Дмитрий Николаевич Насонов. В 1933 г. А. А. Заварзин, заведующий Отделом общей морфологии, пригласил его заведовать лабораторией цитологии Отдела общей и сравнительной морфологии. После смерти Заварзина в 1945 г. Насонов возглавил Отдел общей морфологии. В результате произвола партийного руководства весной 1950 г. его уволили, а отдел реорганизовали.

Много позднее, в 2007 г., отдел был преобразован в *Отдел общей и частной морфологии* под руководством Владимира Анатольевича Нагорнева. Преобразование послужило импульсом к созданию оригинальных концепций морфо- и патогенеза атеросклероза с позиций раскрытия иммунопатологического звена болезни. В 2010 г. Отдел возглавил П. В. Пигаревский. Сегодня основу работы отдела составляют два научных направления: изучение клеточно-молекулярных механизмов адаптивного иммунного ответа при атерогенезе у человека и исследование восстановительных процессов в органах нервной системы после воздействия различных патологических факторов.

### Таланты и промахи Д. А. Бирюкова

Весной 1950 г. пост директора принял ученик Павлова Дмитрий Андреевич Бирюков, который создал *Отдел сравнитель-*



ной физиологии и патологии высшей нервной деятельности. Он разработал концепцию, в которой были отражены цели и задачи экологической физиологии человека, и сыграл выдающуюся роль в истории ИЭМ.

В те годы на фоне волны антисемитизма и борьбы с космополитизмом научное сообщество раздирали паранаучные и идеологические схватки. Правила игры диктовали Отделы науки обкома КПСС и ЦК КПССС. В этих условиях перед Бирюковым встали ранее ему неизвестные проблемы организации жизни в коллективе. В его руках оказалась судьба одного из первенцев отечественной науки, и он без остатка отдал ему все силы. Благодаря таланту Бирюкова ИЭМ отстоял свою самостоятельность, научное лидерство, выстоял и выжил.

Остается только удивляться, как в нем уживались свобода духа и умение в интересах института находить общий язык с чиновниками разного ранга в партийном и государственном аппарате. По-видимому, это требовало очень большого душевного напряжения.

В своей совокупности меры, предпринятые Бирюковым по расширению, укреплению и модернизации структуры ИЭМ, повысили научный и кадровый потенциал института. Как директор Бирюков обладал удивительным ощущением остроты момента и обстоятельств. Вот несколько фактов.

В годы шельмования кибернетики в Ленинград приехал Норберт Винер. Дирекция пригласила его с лекцией в ИЭМ. Излишне говорить, что в конференц-зале яблоку негде было упасть. Этот эпизод следует отнести к тем событиям, которые в конечном итоге постепенно привели к признанию кибернетики и в нашей стране. В то же время на лекцию в ИЭМ был приглашен Н.В.Тимофеев-Ресовский, проработавший почти 20 лет в фашистской Германии. Его лекция по проблемам попу-

ляционной и радиационной генетики произвела неизгладимое впечатление на аудиторию и, несомненно, способствовала пробуждению у научной молодежи интереса к этой науке.

Такие примеры однозначно свидетельствуют о желании Бирюкова как можно скорее освободить науку от пут ортодоксальной политики. На долю Бирюкова пришлось такое большое количество организационных и психологических нагрузок, которое было неведомо ни одному из его предшественников.

Бирюков ушел из жизни 8 января 1969 г., и директором стала Наталья Петровна Бехтерева. В 1962 г. Бирюков предложил ей открыть в ИЭМ *Отдел нейрофизиологии человека с клиникой*. Он пошел на смелый шаг, хотя вопрос тяжело решался в партийных инстанциях. Ему удалось настоять на том, что эта акция будет бесспорно полезна для ИЭМ. Он исходил из того, что новый отдел, будучи физиологическим, эффективнее других свяжет науку с проблемами медицины и ускорит внедрение результатов фундаментальной науки в практику здравоохранения. Новый отдел приобрел международное признание и способствовал росту авторитета ИЭМ. Его исследования приблизили нас к пониманию особенностей функционирования мозга человека.

### «Беседы... с мозгом»

Однако повороты судьбы, как правило, не могут быть предсказуемы. Оценивая деятельность Н.П.Бехтеревой как ученого, следует обратиться к ее мемуарам. Она писала: «В процессе многолетних исследований, длительного «разговора» с живым человеческим мозгом, удалось сформулировать целый ряд принципов и выяснить многие механизмы его деятельности». И так далее.

В 1990 г. приближалось 100-летие ИЭМ. И вдруг нежи-



Д.А.Бирюков.

данная, поразившая измовцев весть: директор Н.П.Бехтерева со своим Отделом, а также лаборатория из ИЭФиБ им.И.М.Сеченова АН СССР, которой заведовал ее сын С.В.Медведев, создают новый институт. Более того, они забирают только что построенный клиничко-лабораторный корпус, оборудование, а также здание построенной в 1906 г. клиники для ИИЭМ и часть усадьбы ИЭМ. При этом, в лучших традициях тех времен, ИЭМ лишился весомой части своих основных фондов, финансового обеспечения и кадров. Такой удар мог свалить любого гиганта, но не наш ИЭМ,



Н.П.Бехтерева.



Проходная Института экспериментальной медицины (ул. Академика Павлова, 12).

многопрофильность которого, пестуемая почти столетие с момента основания, стала его надежной защитой.

Бехтереву освободили от должности директора приказом МЗ СССР от 7.05.1990 г. «в связи с назначением ее научным руководителем Научно-практического центра «Мозг» АН СССР и Минздрава СССР». Появлению этого приказа предшествовали бурные события, вызванные действиями Бехтеревой. Из письма на имя Председателя Верховного Совета РСФСР Б.Н.Ельцина, подписанного ведущими учеными ИЭМ, узнаем, что: «Эти действия были квалифицированы коллективом ИЭМ как протекционизм и циничное злоупотребление служебным положением, а также статусом народного депутата СССР. Проведенный по решению конференции трудового коллектива референдум выразил недоверие

Н.П.Бехтеревой как директору и потребовал ее немедленной отставки». Впервые в истории ИЭМ его директор поступил вопреки стратегическим интересам ИЭМ.

### В условиях нашей реальности

В 1990 г. в тяжелый момент раздела ИЭМ бремя ответственности за его будущее по решению ученого совета взял на себя Борис Иванович Ткаченко, руководитель *Отдела висцеральных систем*. Новому директору удалось сохранить костяк коллектива ИЭМ и главные направления исследований. Основные его научные труды посвящены исследованию механизмов регуляции системного и органного кровообращения. Автор и редактор многочисленных учебников и учебных пособий для медицинских вузов России, Ткаченко

создал научную школу, представители которой возглавляют лаборатории и кафедры нормальной физиологии во многих городах России и стран СНГ.

Разработанные под руководством Ткаченко новые методические приемы позволили непосредственно подойти к изучению главной задачи системы кровообращения — обеспечения транскапиллярного обмена. Оставаясь признанным авторитетом в области физиологии кровообращения (Государственная премия СССР, 1989) он с середины 1970-х годов в ИЭМ, а с 1986 г. и на кафедре нормальной физиологии 1-го ЛМИ (теперь СПбГМУ) развивает исследования других висцеральных систем, особенно их устойчивости к комплексу раздражителей различной модальности. Возглавив кафедру, он сумел организовать ее взаимодействие с Отделом физиологии висцеральных систем. Сохранив два самобыт-



ных коллектива, Ткаченко создал эффективно работающий, постоянно взаимообогащающий альянс научного и учебного подразделений. Ткаченко начал долгую, кропотливую работу по объединению усилий ученых медиков Северо-Запада России. Организовал и возглавил Санкт-Петербургское бюро РАМН (1994), преобразованное в Северо-Западное отделение РАМН (1998).

С сентября 2009 г. ИЭМ возглавляет Николай Сергеевич Сапронов, ученик знаменитого С.В.Аничкова. Сапронов — из числа немногих сотрудников, кто наиболее четко представляет всю его многогранную специфику. Ныне ИЭМ — один из ведущих медико-биологических исследовательских центров мира. Здесь объединились выдающиеся ученые, работающие в разных областях естественных наук, выполняющие исследования на всех уровнях, от молекулярного до организменного.

Начиная с 1992 г. ИЭМ стал учреждением Российской академии медицинских наук, а теперь — Научно-исследователь-

ским Институтом экспериментальной медицины СЗО РАМН (НИИЭМ СЗО РАМН).

На протяжении всей своей истории ИЭМ был наукообразующим центром и школой научных кадров. Многие его подразделения переросли в самостоятельные научные учреждения. ИЭМ стал первым университетского типа многопрофильным центром фундаментальных и ориентированных исследований в области медико-биологических дисциплин.

Наконец, это следует особо подчеркнуть, ИЭМ заложил основы Российской академии медицинских наук.

Институт экспериментальной медицины — это достояние страны. Сегодня его работы направлены на развитие традиционной тематики науки о жизни, а также на формирование новых поисковых исследований. Все больше внимания уделяется проектам, ориентированным на изучение молекулярно-биологических механизмов социально-значимой патологии, профилактических и лечебных под-



Б.И.Ткаченко.

ходов. Это требует использования высокотехнологических методов и модернизации материально-технической базы.

Институт экспериментальной медицины и сформированные им научные школы ныне продолжают отечественные традиции и одновременно занимают передовые рубежи мировой науки. ■

## Литература

1. Анненкова Э.А., Голиков Ю.П. Принцы Ольденбургские в Петербурге. СПб., 2004.
2. Тотолян А.А. Д.А.Бирюков — директор ИЭМ и крупный организатор медицинской науки // Д.А.Бирюков в ИЭМ. 1950—1969 гг. К столетию со дня рождения. СПб., 2003.
3. Голиков Ю.П., Мазинг Ю.А. От директора к директору (1890—2000) // Институт экспериментальной медицины на рубеже тысячелетий. Достижения в области экспериментальной биологии и медицины. СПб., 2000.
4. Голиков Ю.П. Становление и развитие биологической (физиологической) химии в ИИЭМ-ВИЭМ-НИИЭМ АМН СССР // В.С.Ильин в ИЭМ. 1952—1976. СПб., 2005.
5. Амирханов Л.И., Голиков Ю.П., Чирков В.В., Иванова Ю.Е. Форт «Император Александр I». СПб., 2008.
6. Сапронов Н.С., Голиков Ю.П. С.В.Аничков в ИЭМ. 1948—1981. СПб., 2002.



# ПРИРОДА.

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ  
ПОПУЛЯРНЫЙ ЕСТЕСТВЕННО - ИСТОРИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛЪ ДЛЯ САМООБРАЗОВАНІЯ

ПОДЪ РЕДАКЦІЕЙ

проф. В. А. Вагнера и проф. Л. В. Писаржевскаго.

Философія естествознанія. Астрономія. Физика. Химія. Геологія съ палеонтологіей. Минералогія. Общая біологія. Зоологія. Ботаника. Человѣкъ и его мѣсто въ природѣ.

МАЙ.

МОСКВА.

1912 г.

## Жизнь без микробов

Среди натуралистов довольно широко распространены предрассудки, будто естественные условия являются для живых существ условиями наилучшими. Это, конечно, бывает, но все же довольно редко. Все, кто занимался разведением растений и животных, знают, что можно найти условия воспитания их, резко отличающиеся от условий естественных и, тем не менее, не только вполне пригодные для их развития, но даже и более благоприятные. Одним из самых всеобщих условий естественной среды является присутствие микробов, которые располагаются либо на поверхности, либо внутри животных и растений. До какой степени эти микробы необходимы для существования организмов — вот вопрос, который представляется натуралисту. Должно ли всегда рассматривать их как врагов, желающих погубить, разложить и уничтожить выше организованные существа или имеются микробы полезные, быть может, даже необходимые для жизни растений и животных?

Что касается этих последних, то такой вопрос был предложен [членом] Французской академии наук Пастером в 1885 г. Лично великий ученый, основавший бактериологию, несмотря на свое убеждение, что значительное количество бактерий играет роль болезнетворных организмов, не думал, чтобы жизнь животных была возможна без микробов, хотя, с другой стороны, он и не утверждал этого с положительностью: «Я не скрываю, — заявлял он, — что я предпринял бы это исследование, если бы у меня было время, с предвзятой мыслью, что жизнь в этих условиях невозможна». Де-

ло в том, что Пастер был знаком не только с болезнетворными микробами, — он понял, какое огромное значение имеют те химические превращения, которые обуславливаются различными процессами брожения. Было вполне естественно предполагать, что среди тех 143 миллионов бактерий на 1 миллиграмм содержимого, какие находятся в нашем кишечнике, имеются и некоторые виды микроорганизмов, которые своим химическим действием способны обуславливать различные химические превращения, полезные для организма в смысле действия его пищеварению.

Некоторые исследователи преувеличивали этот вывод и утверждали, что без микробов пищеварение совершенно невозможно, что от них зависит все наше существование. В течение ряда веков, говорили они, высшие организмы и микробы жили в постоянном сожительстве и потому выработалось полное обоюдное приспособление между флорой кишечника и самим кишечником. <...> Превращение пищи, вызываемое бактериями, заходит гораздо далее тех пределов, которые достигаются пищеварительными соками, — благодаря их действию получают даже простые соединения, становящиеся бесполезными или даже вредными. «С точки зрения общих процессов природы вполне нормально, конечно, что белковые соединения нашей пищи начинают разлагаться и возвращаются к исходному пункту круговорота веществ; досадно, однако, что внутри нас происходит гниение и что продукты его вроде фенолов, скатола и индола вместе с другими продуктами проникают в крово-



обращение и действуют на клетки наших сосудов и нашего мозга». В наших тонких кишках совершается пищеварение, приносящее пользу организму, так как там микробы сравнительно малочисленны, а в наших толстых кишках, где кишат бактерии, совершаются процессы гниения, вредные для организма. «Идеалом было бы жить совсем без микробов среди окружающего мира, населенного микробами, — но возможно ли это?»

Для того чтобы ответить на этот вопрос, было сделано большое число наблюдений и экспериментальных исследований, результаты которых нередко были, однако, ненадежны и противоречивы. Было, тем не менее, указано, что существуют организмы, кишечный канал которых нормально является асептичным или по меньшей мере чрезвычайно бедным бактериями. Таковыми являются гусеницы некоторых бабочек, живущие в ходах, протачиваемых ими в листьях, например гусеницы *Lithocolletis* и *Nepticulus* шиповника, изученные Портье. Таковыми же являются и крупные летучие мыши тропических стран, летучие собаки, над которыми производились исследования Мечникова и его учеников. У летучей собаки кишечник очень короток и не имеет настоящей кишечной флоры, но лишь некоторое количество сравнительно редких микробов, принимаемых вместе с пищей и варьирующих в зависимости от пищи. Эта бедность микробами не обуславливается какими либо выделениями, умерщвляющими бактерий, но зависит от отсутствия резервуара, в котором скопьялись бы остатки пищи. Пища с чрезвычайной быстротой проходит через трубку кишечника; остатки ее в виде экскрементов выбрасываются через час после принятия пищи; таким образом, животное «принуждено много есть и часто опорожняет кишечник». Особенно замечательно, что эти летучие собаки переваривают клетчатку бананов, так как клетчатка (целлюлоза) является веществом, которое считалось до сих пор наименее переваримым при отсутствии микробов.

Эти наблюдения чрезвычайно интересны, но значение их невелико, так как они касаются лишь изученных животных. Ими устанавливается, во всяком случае, что имеются животные, существующие либо совсем без микробов, либо с весьма небольшим количеством микробов в кишечнике. Спрашивается, однако, что стало бы с теми, которые постоянно заключают большое количество микробов в кишечнике, если бы их совершенно освободить от микробов. На этот вопрос ответ мог бы быть получен лишь путем эксперимента, и притом эксперимент весьма трудного. Решить его пытались несколько раз различные исследователи.

Одною из наиболее старых попыток являются опыты Тирфельдора и Нуттала в 1895 году. Эти исследователи пытались воспитать в искусственных асептических условиях молодых морских свинок, извлеченных путем кесарева сечения из матки. Молодые животные были посажены в совершенно

асептическое помещение и питались стерилизованным молоком. По истечении 10 дней они были убиты — их экскременты оказались стерильными, а сами они несколько прибавили в весе. Правда, это увеличение в весе являлось не исключительно результатом хорошей ассимиляции пищи, так как оно было обусловлено, по крайней мере отчасти, большим количеством свернувшегося, но не переваренного молока, которое было найдено в толстых кишках. Таким образом этот опыт оказался неудовлетворительным для решения вопроса.

С другой стороны, Шоттелиус в течение ряда лет экспериментировал над цыплятами, воспитанными в асептических условиях по выходе из яйца, и эти опыты привели его к заключению, что жизнь без микробов практически невозможна. Цыплята, воспитанные при таких условиях, являлись слабыми, менее развитыми, чем контрольные, становились болезненными и быстро погибали. Вместе с тем достаточно было добавить к их пище бактерии *Bacillus coli* для того, чтобы они получали нормальное развитие. Точно так же и головастики лягушки, которых удалось воспитать г-же Мечниковой, а затем Моро в совершенно асептических условиях были слабыми, болезненными и не могли быть доведены до метаморфоза. В результате эти опыты показали, что самые различные животные, содержимые в асептических условиях в течение некоторого времени, относятся к ним как к условиям ненормальным, глубоко меняющим их процессы питания и уменьшающим их жизнеспособность.

Между тем в нынешнем году, применяя более усовершенствованную технику, Коэнди по тому же самому вопросу о жизни позвоночных животных без микробов пришел к заключениям совершенно противоположным. Его опыты производились над цыплятами. Яйца на 18-й или 19-й день насиживания дезинфицировались обмыванием горячим однопроцентным раствором сулемы. Затем они вводились при полных условиях асептики в большой аппарат, стерилизованный автоклавом и поддерживавшийся при постоянной температуре, причем в этом аппарате имелся и необходимый приток влажного и чистого воздуха, так что насиживание могло быть доведено до конца. Аппарат этот разделен на две части: на камеру для высиживания яиц, где поддерживалась температура в 40°C во время насиживания и 26°C после вылупления, когда эта камера играла роль искусственной наседки; эта наседка была отделена подвижной перегородкой от второго, более обширного, цилиндрического пространства, длиною в 80 сант. при диаметре в 25 сант. — пространство это являлось как бы двором для цыплят, где они находили и воду и стерилизованную пищу, причем температура там поддерживалась в 24°C. Цыплята могли свободно бегать на этом дворе, пить воду, клевать зерна и от времени до времени греться около искусственной наседки. Но, как ни обширен и совершенен был этот ап-

парат, он делался все же скоро слишком тесен, и поэтому исследователь выдерживал цыплят там сравнительно недолго, 15, 20, 33 и самое большее 40 дней. Спрашивается, каковы были результаты выращивания в таких условиях?

Вообще говоря, рост их совершался в прекрасных условиях, вес асептических цыплят оказывался то одинаковым, то выше, то ниже цыплят контрольных, находившихся в сходных условиях; эта разница в весе находилась, однако, в пределах вариации, констатируемой у контрольных цыплят. В анатомическом и физиологическом отношении цыплята эти являются нормальными; Коэнди отмечает лишь большее количество остатков пищи у них. Эти результаты, так сильно отличающиеся от полученных Шоттелиусом, обуславливаются всецело более высоким совершенством техники, применявшейся при этих опытах. Действительно, при такого рода исследованиях приходится натапливаться на материальные трудности весьма значительные, и достаточно какого-нибудь сравнительно небольшого обстоятельства, для того чтобы сделать воспитание почти невозможным. Так, например, двор должен находиться в камере с более высокой температурой, для того чтобы пары воды сгушались снаружи, а не внутри двора. Однажды при опытах вода начала сгушаться внутри аппарата, и почва образовала смесь из песка, пищи и извержений, превратившуюся в грязь, цыплята были мокры, перья их приклеивались к телу, они страдали от холода и непрерывно дрожали, — находились, следовательно, в условиях чрезвычайно неблагоприятных. Из этих опытов можно заключить, что жизнь позвоночных животных возможна по крайней мере в течение некоторого времени при полном отсутствии микробов, причем эти условия не вызывают никаких нарушений в жизни организма — ассимиляция и рост оказываются вполне нормальными. Однако, как ни доказательны эти результаты, они не свидетельствуют все же о том, что организм может провести всю свою жизнь в асептической среде и может в ней размножаться. Эта возможность была установлена не для позвоночных, впрочем, а для мух из рода *Drosophila* Делькур и Гюэно.

Опыты воспитания мух в условиях асептики уже производились Богдановым и Вольманом. Эти исследователи стерилизовали яйца мясных мух (*Lucilia*) кур и имели возможность воспитать в совершенно асептических условиях несколько личинок, из них получили даже несколько мух, но эти мухи были меньших размеров, чем нормальные, рост личинок был очень медленным и смертность их весьма значительной.

Окончательные результаты были получены Делькуром и Гюэно также лишь благодаря чрезвычайно усовершенствованной технике. Асептика условий воспитания достигалась постепенно. Мухи, добытые в естественных условиях или выведенные искусственно, вне асептической обстановки содер-

жат большое количество зародышей различных плесневых и бродильных грибов и бактерий. Чтобы освободиться от них, исследователи изолировали самок и переносили их в условия асептики ежедневно или даже по нескольку раз в день на такую стерилизованную среду, которая, будучи благоприятной для мух, являлась не благоприятною для того или для другого из микроорганизмов. Таким образом, один за другим в течение ряда поколений эти микроорганизмы были уничтожены. Путем такой прогрессивной стерилизации авторы добились получения первых асептических мух. <...> Делькур и Гюэно, начавшие свои вторичные опыты по выведению стерильных мух в июле 1911 г., получили с этого времени тысячи совершенно стерильных насекомых. Они развиваются при данных условиях в течение менее двух недель, и потому исследователям удалось вывести уже около 20 поколений и проследить с точностью за всеми результатами влияния асептической среды.

Результаты эти вполне достаточны для того, чтобы утверждать с полным правом, что мухи эти могут развиваться, претерпевать превращения и размножаться в течение многих поколений без всякого участия микробов. Рост их не только совершается быстрее, чем в условиях неасептических контрольных опытов, но и смертность их чрезвычайно сокращается; почти все яйца, откладываемые мухами, дают насекомых, способных к размножению, тогда как при развитии в обыкновенных условиях смертность является нередко значительною и может даже повести к исчезновению целых поколений.

Если можно распространить выводы, полученные над насекомыми и на позвоночных, то есть основание думать, что все животные могут жить и размножаться в условиях асептики. На это намекают и все опыты, производившиеся непосредственно над позвоночными, но, само собою разумеется, окончательное доказательство будет возможно дать по отношению к ним лишь тогда, когда удастся создать и для этих животных достаточно совершенную технику постановки опытов.

Если теперь приложить к человеку полученные результаты исследований над животными, то можно сделать вывод, что теоретически возможно и существование человека в асептических условиях. Другой вопрос, будут ли люди когда-нибудь действительно жить в таких условиях — без сомнения, мы пока далеки от подобных возможностей, но большое значение имеет уже тот вывод, что для нас не представляет никакой ценности та разнообразная флора микробов, которая населяет наш кишечник. Ближайшими задачами современной гигиены является если не полное уничтожение этой флоры, то по крайней мере возможное упрощение того мира низших паразитов, который населяет наш кишечник.

Пер. П.Ю.Шмидт



# ПРИРОДА

популярный  
естественно-исторический журнал

Подъ редакціей

проф. Ю. Н. Вагнера, проф. Л. В. Писаржевскаго и проф. Л. А. Тарасевича.

Философія естествознанія. Астрономія. Физика. Химія. Геологія съ палеонтологіей. Минералогія.  
Общая біологія. Зоологія. Ботаника. Человѣкъ и его мѣсто въ природѣ.

№ 11

ЛСКХ

1913

## Роль бактерий в кишечном канале человека и животных

П.В.Циклинская

Давно известно, что кишечный канал человека и животных является местом пребывания огромного количества микробов. По вычислению Цуксдорфа, число зародышей, которые содержатся в одном миллиграмме экскрементов взрослого человека, колеблется между 25 000 и 2 300 000, а в среднем составляет 381 000. По новейшим данным Коэнди, число это еще гораздо больше и достигает громадной цифры 143 780 000. Население это отличается чрезвычайно разнообразным составом. По своим морфологическим признакам и биологическим свойствам бактерии кишечного канала относятся к самым разнообразным родам и видам. Естественным образом является вопрос: какую роль играют бактерии в жизни организма и, в частности, в отправлении кишечного канала? Являются ли они полезными, способствующими пищеварению и облегчающими переход пищевых веществ в удобоусвояемую форму или, наоборот, вредными? Поводом к первому обсуждению этого вопроса в научной литературе послужили опыты Дюкло, в которых этот ученый сделал попытку решить аналогичный вопрос по отношению к растениям.

<...> Когда работа Дюкло о стерильном воспитании растений была доложена во Французской академии наук в 1885 году, важное значение затронутого в ней вопроса не ускользнуло от внимания Пастера. Со свойственной ему проникатель-

ностью он не только оценил все его значение, но распространил мысль Дюкло на животное царство и высказал, что было бы важно и интересно проверить, возможно ли воспитать также и животных в стерильных условиях. Пастер прибавил, что он, ничего не предвещая, предполагает, однако, что жизнь без бактерий была бы немыслима для человека и животных. Когда Пастер высказал эту мысль, он, без сомнения, имел в виду многие случаи явления симбиоза среди растений и животных. В мире микробов ему самому пришлось встретиться с одним из поразительных примеров такого мирного сожительства двух существенно различных по условиям своего существования организмов. Этими организмами были, с одной стороны, так называемые облигатные анаэробные микробы, которые могут жить и развиваться только при полном отсутствии кислорода, а с другой стороны — бактерии аэробные, жизнь которых протекает в более привычной для нас обстановке: для них кислород является необходимым условием существования, как и для жизнедеятельности высших растений и животных. Если в какую-нибудь питательную жидкость, соприкасающуюся с воздухом, посеять один из строгих анаэробных видов бактерий, то он не только не будет развиваться, но обречен будет на неизбежную гибель. Но если вместе с ним ввести в питательную среду зароды-

ши какого-нибудь типичного аэроба, то обе бактерии получают возможность развиваться совместно: аэробы, разрастаясь в поверхностных слоях питательной среды, будут постоянно поглощать кислород воздуха, а в глубоких слоях, куда кислород не проникает, находят себе благоприятные условия для развития анаэробы. Едва ли не подобная возможность рисовалась воображению Пастера, когда он говорил о необходимости бактерий для нормального пищеварения человека. Только в этом случае, конечно, активную роль играло бы не отношение бактерий к кислороду, а способность их вырабатывать ферменты, облегчающие работу пищеварительных соков.

Дальнейшая история этого вопроса показала, что если Пастер и был прав, то только отчасти. Если, с одной стороны, явление симбиоза, столь обычное в мире живых существ, как бы подсказывает ответ на вопрос о роли микробов в кишечнике, то не следует упускать из виду ряд других фактов капитальной важности, которые сводятся к тому, что во множестве случаев организм стремится избавиться от микробов, изгнать их из тех органов и тканей, куда они могут проникнуть. Для этой цели организм имеет сложную систему защитительных приспособлений. Среди этих приспособлений, с одной стороны, чрезвычайно важную роль играют особые, по большей части подвижные, клетки организма, так называемые белые кровяные тельца, или фагоциты, роль которых была выяснена блестящими исследованиями Мечникова, а с другой стороны — различного рода антитела, так или иначе убивающие бактерий или парализующие их деятельность. Благодаря совместному действию этих агентов внутренние органы и ткани в большинстве случаев совершенно свободны от бактерий. Поэтому если, например, асептически, т.е. не допуская бактерий из воздуха, окружающих предметов и проч., извлечь какой-нибудь внутренний орган животного или добыть его кровь, то эти продукты можно хранить долгое время и никакого бактериального роста не получится. Равным образом существует целый ряд защитных приспособлений, имеющих задачей удалять бактерии со слизистой оболочки дыхательных путей. Уже эти общие соображения наталкивали на мысль, что, может быть, и в кишечнике бактерии являются не столь необходимыми, как это предполагал Пастер.

В первый раз вполне определенно высказался против взгляда Пастера покойный химико-биолог Ненский. Под его наблюдением была одна больная с фистулой в тонких кишках, и благодаря этому обстоятельству он имел возможность, извлекая асептически содержимое тонких кишок, непосредственно изучать и наблюдать за кишечной флорой этого участка кишечника, а также за совершающимся там процессом пищеварения. Исследования его и его сотрудников показали, что переваривание белков, жиров и углеводов происходит без участия бакте-

рий, а только при помощи одних пищеварительных соков: желудочного, кишечного и желчи. С помощью одних пищеварительных ферментов пищевые вещества превращаются почти нацело в форму, удобную для всасывания и ассимиляции, и помощь бактерий оказалась бы здесь излишней. Вышеуказанные авторы показали также, что бактериальное население тонких кишок, где главным образом и совершается пищеварение, отличается большою бедностью по сравнению с толстыми кишками и заключает в себе бактериальные виды, относящиеся к группе молочнокислых бактерий, не способных к перевариванию белков, но в результате жизнедеятельности которых является, однако, целый ряд продуктов, совершенно бесполезных для питания организма. К сожалению, исследования Ненского долгое время оставались совершенно изолированными, и на них не было обращено того внимания, которого они заслуживали. Только за последние годы Мечников вновь поднял этот вопрос во всей его широте и не только указал на его важное значение для физиологии и патологии человека, но и придал ему глубокий философский смысл. Основная мысль Мечникова заключается в том, что микробы не только не являются полезными для жизни человека, но, как правило, являются вредными паразитами. Главным местом пребывания их в кишечнике человека и высших животных являются толстые кишки, в которых накапливается большое количество пищевых остатков. Эти последние, прежде чем сложиться окончательно в фекальные массы, подвергаются глубокому химическому превращению, главным образом гнилоственному разложению под влиянием жизнедеятельности бактерий, и продукты этих процессов, частью токсические, всасываясь через стенки кишечника в ткани организма, вызывают медленное, но систематическое отравление. Это отравление может служить для развития целого ряда тяжелых заболеваний человека хронического и острого характера вплоть до артериосклероза. Совокупность всех этих явлений составляет, по Мечникову, одну из главных причин старческого одряхления организма.

Обратимся теперь к краткому обзору тех фактов, которые легли в основу нового учения Мечникова и которые были добыты при дальнейшей экспериментальной его проверке.

Как мы уже видели, самый прямой и естественный путь для выяснения роли микробов в нормальной функции кишечника был указан еще Пастером. Он сводится к попытке воспроизвести стерильное воспитание животных.

<...> Первый опыт, предпринятый для выяснения вопроса, поднятого Пастером, привел к заключению, что стерильная жизнь животных, по крайней мере в первые дни их существования, представляется вполне возможной и что бактерии не являются при этом необходимым условием. Несколько лет спустя подобного же рода опыты бы-



ли предприняты Шоттелиусом. <...> Исследования Шоттелиуса привели к результатам существенно отличным. Хотя цыплята и развивались в стерильных условиях, но развитие их шло очень туго. Они выводились хилыми, были покрыты только пухом и существенно отличались по виду от других цыплят, помещенных в обыкновенную обстановку. Эти результаты могли бы привести к выводу, что для нормального развития цыплят присутствие бактерий является необходимым, если бы не представлялась возможность искать причин отрицательного результата опытов в той искусственной обстановке, в которой находились цыплята, в неподходящей пище и в других случайных условиях опыта. Что такое объяснение недалеко от истины, показывают результаты, недавно полученные французским ученым Коэнди в лаборатории профессора Мечникова. Коэнди старался поставить своих цыплят в такие условия, которые насколько возможно ближе подходили бы к нормальным условиям существования этих животных.

<...> Коэнди удалось получить совершенно стерильных цыплят, нормальных по виду, с хорошо развитыми перьями, клювом и когтями; вскрытие также не обнаружило никаких аномалий, внутренние их органы были вполне нормальны; по весу стерильные цыплята тоже не отличались от контрольных. На основании своих опытов Коэнди приходит к заключению: 1) что жизнь без микробов возможна для позвоночных, которые обычно заключают в себе богатую кишечную флору и 2) что асептическая жизнь не приносит как таковая никакого ущерба организму. Наоборот, наблюдая своих стерильных цыплят, автору удалось констатировать несколько большую их устойчивость по сравнению с нормальными по отношению к некоторым неблагоприятным внешним воздействиям: холоду, жажде, голоду. Когда случайная порча аппарата ставила цыплят в эти неблагоприятные условия, то эти животные, обычно чрезвычайно хрупкие в естественных условиях жизни, будучи стерильными, дольше боролись со смертью. Коэнди отмечает далее разницу в пищеварении стерильных цыплят по сравнению с нормальными: экскременты первых заключают обычно гораздо больше непереваренных остатков пищи, чем это наблюдается у нормальных. Вследствие этого они больше и чаще едят, чем эти последние. Можно сказать, что нормальные цыплята «утилизируют» свою кишечную флору, но что эта последняя не является необходимым условием их жизни.

Еще более поразительные результаты получил в 1912 г. Кюстер в Фрейбурге. Ему удалось воспитать стерильного козленка, вынутого асептически за 8 дней до предполагаемого наступления нормальных родов. Он был воспитан в особой камере, сделанной из стекла и железа и тщательно продезинфицированной парами формалина. Воздух пропусклся в камеру посредством насоса и подвер-

гался обеспложиванию пропусканием через ватный фильтр. Животное питалось стерилизованной овсянкой и стерилизованным молоком матери. В качестве контрольного животного был взят другой козленок, извлеченный одновременно с первым от той же матери, но воспитываемый в обыкновенных условиях. Совершенно стерильным козленок оставался в течение 12 дней; за это время животное не показывало никаких отличий от нормального. На 13-й день произошло случайное загрязнение стерильного козленка обычным, очень распространенным микробом — сенной палочкой (*Bacillus subtilis*), который не оказал в дальнейшем никакого влияния на ход опыта; последний продолжался 35 дней. Автор приходит к заключению, что микробы совершенно не нужны для жизни даже таких высокоорганизованных животных, как млекопитающие. Из числа других позвоночных животных опыты стерильного воспитания были сделаны с головастиками лягушки О. Мечниковой и учеником Эшериха-Моро, причем оба автора пришли к тому согласному результату, что в отсутствие бактерий не получается нормального развития животных. Головастики, выведенные у обоих авторов из стерильно собранной и помещенной в стерильную обстановку икры, значительно отличались от контрольных нормальных головастиков: были мельче, не отличались обычной живостью — наоборот, были вялые, малоподвижные, и пигментация их плавников значительно запаздывала. В самое последнее время Вольман в лаборатории Мечникова повторил опыты со стерильным воспитанием головастиков, причем были приняты во внимание некоторые специальные меры предосторожности, ускользнувшие от внимания предыдущих авторов. Результат получился на этот раз благоприятный, и стерильные головастики ничем не отличались по виду и по размерам от развивающихся в нормальных условиях.

<...> Из сопоставления всех вышеприведенных опытов как будто трудно сделать какое-нибудь вполне определенное заключение. Кажется, что отдельные опыты противоречат друг другу, но это кажется только с первого взгляда. На самом деле чем глубже и полнее будет происходить изучение условий стерильного воспитания животных, тем более приблизимся мы к подтверждению взгляда, развиваемого Мечниковым. Стерильное воспитание животных является возможным без вреда для их жизнедеятельности, если только соблюдать необходимые предосторожности; в особенности, по-видимому, это относится к животным наиболее высокоорганизованным — млекопитающим. Отсюда, однако, вовсе не следует, чтобы в отдельных случаях не попадались животные, для которых в естественных условиях их существования было бы совершенно исключено благотворное влияние на них некоторых бактерий, населяющих их кишечный канал. Быть может, один

из самых ярких примеров этого влияния — и здесь мы имеем несомненное подтверждение взгляда Пастера — представляют травоядные животные, и в частности жвачные, пища которых, как известно, богата клетчаткой. Это вещество отличается особенной устойчивостью по отношению к различным ферментам. Среди ферментов, производимых животным организмом, нет ни одного, который мог бы переводить клетчатку в растворимое и удобоусвояемое состояние, и потому, если клетчатка, вводимая в организм травоядных животных, должна послужить им в качестве питательного материала, то необходимо участие в их пищеварении какого-нибудь постороннего агента; такими агентами являются бактерии, возбудители водородного и метанового брожения, ближайшее исследование которых было сделано В.А.Омелянским. Эти бактерии обладают способностью перебраживать целлюлозу, образуя наряду с жирными кислотами также газообразные продукты: метан, водород и углекислоту. Но для того чтобы иметь возможность подействовать на клетчатку в вышеуказанном направлении и вызвать ее глубокий распад, бактерии должны превратить ее предварительно в растворимые сахаристые вещества, а эта работа всегда совершается за счет соответственных ферментов. Участие бактерий в акте пищеварения травоядных животных надо представить себе таким образом, что сахаристые вещества, получающиеся под влиянием бактериальных ферментов из целлюлозы, как бы распределяются между бактериями и организмом животных, между микро- и макроорганизмом, которые живут между собою в условиях симбиоза. Недаром у жвачных животных сама природа позаботилась о том, чтобы путем удлинения и осложнения их кишечного тракта продлить пребывание в нем пищи и сделать возможным переработку ее бактериями.

Но если можно воспитать некоторых высших животных в условиях абсолютной стерильности, не подвергая их жизни и здоровью существенной опасности, то естественно, что возможен вопрос: не производит ли в известных случаях сама природа аналогичные эксперименты, не существуют ли именно животные, кишечный канал которых абсолютно лишен бактерий или по крайней мере крайне беден ими? На этот вопрос Мечников дал вполне определенный ответ еще в 1901 г. в своей речи, произнесенной в Манчестере: такие животные действительно имеются. В качестве одного из примеров можно привести восковую моль, у которой кишечник стерилен на всем его протяжении, а между тем она способна своими собственными пищеварительными соками переваривать такое вещество, как воск; то же самое можно сказать о скорпионе.

<...> Наконец, мы знаем, что летучие мыши имеют очень скудную бактериальную кишечную флору. Мечников и Дистазо показали это, исследуя содержимое кишечного канала калонгов, круп-

ных плодоядных летучих мышей, обитателей тропических стран. Испражнения этих мышей почти не заключают бактерий. Столь же бедным оказалось, по моим собственным исследованиям, кишечное население и насекомоядных летучих мышей, обычных обитателей наших умеренных стран (*Vespertilio*, *Vesperugo*, *Plecotus*) кожанов, ушанов и обычных, так называемых водяных серых летучих мышей.

<...> К числу животных, кишечный канал которых хотя и не вполне лишен микроорганизмов, но во всяком случае отличается крайней бедностью кишечной флоры, относятся, по исследованию Мечникова, попугай, ворон, кайман.

<...> В высшей степени замечательно, что животные, у которых кишечник является стерильным или крайне бедным бактериями, отличаются сравнительно большим долголетием, и в этом отношении составляют противоположность с другими животными, близкими к ним по условиям существования, по характеру пищи и т.д., но обладающими обильным микробным населением. Мы не обладаем еще достаточным количеством наблюдений над долголетием различных животных, но и теперь уже знаем, что к числу долголетних животных относятся попугай, ворон, летучая мышь. Долголетием отличается также слон; причину этого мы разберем ниже.

Итак, в мире животных основная мысль Мечникова в общем получает достаточно широкое подтверждение: животные, даже настолько высокоорганизованные, как млекопитающие, по крайней мере принципиально, не нуждаются в бактериях для своего нормального развития.

Посмотрим теперь, как дело обстоит по отношению к человеку. Что толстые кишки человека являются местом пребывания огромного количества бактерий, среди которых есть и гнилостные, — хорошо и давно известный факт. Известно также, что при гнилостном разложении белковых веществ, производимых этими бактериями, образуется ряд химических соединений, как то: скатол, фенол, паракрезол и некоторые другие продукты, которые во всяком случае нельзя считать вполне индифферентными по отношению к организму. Не подлежит также сомнению, что часть этих продуктов всасывается через стенки кишечника, подвергается некоторым химическим превращениям и в виде производных, как то: индикан и фенолсерные кислоты, появляется в моче. Согласно взгляду, высказанному Мечниковым, все эти продукты гнилостных процессов, в особенности же индол и фенол, обладают несравненно более сильным токсическим свойством, нежели это в большинстве случаев принималось прежними исследователями. Правда, абсолютное количество всех этих веществ, образующихся в кишечнике, незначительно; однако, принимая во внимание хронический характер воздействия их на организм, для-



щийся многие годы, можно представить себе, что результаты этого действия постепенно накапливаются и складываются в грозные симптомы. Такому хроническому отравлению должны, конечно, способствовать длящиеся запоры, при которых фекальные массы в течение долгого времени остаются в кишечнике, и таким образом получается возможность накопления более значительного количества ядовитых веществ. До последнего времени в руках Мечникова был только ряд косвенных указаний в пользу развиваемого им взгляда, но в 1910 г. он показал, что, впрыскивая в течение долгого времени паракрезол кроликам, можно вызвать у них настоящий артериосклероз, столь характерный для старческого возраста. Совершенно аналогичные опыты были проделаны Драчинским над морскими свинками и обезьянами, с тою только разницею, что в этом случае ядовитым веществом был индол. Опыты эти, проделанные в значительном числе и с большою тщательностью, вполне подтверждают результаты первых опытов Мечникова. Таким образом, для двух продуктов гнилостного разложения белковых веществ, нормально появляющихся в кишечнике, можно считать доказанным их ядовитое действие на организм, притом это последнее выражено в тех самых симптомах, которые характеризуют дряхлеющий организм. С другой стороны, д-р Коринчевский показал в своих опытах над собаками, что содержимое толстых кишок отличается токсичностью: фильтрат этого содержимого действует губительно на животных и даже способен вызвать их смерть при несколько более значительной дозе впрыскиваемого субстрата. Также в высшей степени интересно, что сам организм человека в ранний период своего развития принимает как бы известные меры предосторожности против проникновения в кишечник микробов, вызывающих гнилостные процессы. В 1886 г. Эшерих показал, что содержимое кишечника новорожденного младенца совершенно стерильно, но быстро заселяется бактериями уже после первых часов его жизни. Количество бактерий, среди которых есть немало и гнилостных, быстро увеличивается и достигает максимума к концу 3-го дня. Дальнейшие исследования Эшериха и французского ученого Тиссье показали затем чрезвычайно интересный факт, что на 5-6-й день, к тому времени, когда устанавливается правильное питание младенца молоком матери, микробное население его кишечника быстро и резко меняется и вместо пестрой картины самых разнообразных бактерий микроскопические препараты из испражнений младенца обнаруживают почти чистую культуру (90%) одного только микроба, а именно *Bac.bifidus*, открытого Тиссье. Этот микроб вместе с несколькими безвредными бактериальными видами и составляет с этого времени все население кишечника младенца, так называемую «основную его кишечную флору», все время, пока продолжа-

ется кормление грудью. К концу 1-го года жизни младенца, когда его постепенно переводят на смешанную пищу, меняется и его кишечная флора: количество *Bac.bifidus* уменьшается, и к «основной флоре» присоединяются постепенно добавочные бактериальные виды, по большей части анаэробы. Количество добавочных видов постепенно увеличивается, и приблизительно к 5-летнему возрасту у ребенка кишечная флора является такой, как у взрослого. *Bac.bifidus* вытесняется другими видами, и хотя присутствует и у взрослого, но уже обнаружить его не так легко.

Микроб этот представляет из себя небольшую неподвижную палочку, не образующую спор. В искусственных культурах микроб этот дает короткое дихотомическое разветвление, почему и получил от автора название *Bac.bifidus*. По образу жизни *Bac.bifidus* принадлежит к числу очень строгих анаэробов, и кроме того, как показал впервые Тиссье, он является энергичным кислотообразователем. В этом последнем обстоятельстве и лежит причина, по которой так резко меняется характер кишечной флоры у младенца после наступления молочного кормления: молочная кислота, которую вырабатывает *Bac.bifidus*, создает такую среду, в которой не могут развиваться гнилостные бактерии, и потому, пока этот микроб населяет кишечник младенца, он препятствует наступлению гнилостных процессов. Такие микробы, которые препятствуют развитию одних других, получили название микробов-антагонистов. Они играют значительную роль при защите организма от различных болезней: так, существуют особые микробы, развитие которых в кишечнике, как показал Мечников, делает человека невосприимчивым к заражению азиатской холерой. Очевидно, этим же самым средством борьбы пользуется организм новорожденного для защиты от грозящей ему опасности. Любопытно, что средства защиты, которыми пользуется ребенок в течение первых месяцев своей жизни, по-видимому, служат для той же цели некоторым животным в течение всего их существования. К числу таких животных принадлежит слон.

По исследованиям Барыкина, кишечная флора слона отличается бедностью по сравнению с другими травоядными и, кроме того, что особенно интересно, состоит по большей части из микробов-антагонистов гнилостным бактериям и препятствует таким образом появлению гнилостных процессов в кишечнике слона. Вместе с тем слон, как известно, отличается большим долголетием и в этом смысле тоже представляет исключение из числа травоядных животных. Известно, что пока младенец кормится грудью матери и не заключает в своем кишечнике гнилостных бактерий, в его моче не заключаются ни индола, ни фенола, ни других аналогичных веществ ароматического ряда, являющихся продуктами метаморфоза белковых веществ

под влиянием гнилостных бактерий. То же самое наблюдается и у некоторых животных. Так, опыты Блюменталю и Якоби (1910) показали, что у кроликов в моче появляются или исчезают вышеупомянутые продукты белкового распада в зависимости от состава их кишечной флоры, смотря по тому, преобладают ли в ней гнилостные микробы или их антагонисты, что в свою очередь зависит от рода употребляемой животным пищи: при кормлении морковью, содержащей много сахаристых веществ, преобладают молочнокислые бактерии, и, наоборот, при кормлении картофелем — перевес берут гнилостные бактерии. Вред, причиняемый бактериальным населением кишечника животным и человеку, в которых оно обитает, вовсе не исчерпывается ядовитым действием химических продуктов ароматического ряда, о которых мы только что говорили. По опытам различных ученых (Мечников, Пассини, Коринчевский и др.), гнилостные бактерии выделяют еще целый ряд других продуктов, по большей части неизвестной химической природы, но обладающих несомненно резко токсическими свойствами: будучи впрыснуты кролику под кожу или в вену, они вызывают признаки отравления, а при некотором увеличении дозы — неминуемую смерть.

С другой стороны, некоторые гнилостные бактерии обладают, по-видимому, способностью вызывать настоящие инфекции, особенно в раннем детском возрасте. Всем известны те губительные эпидемические детские поносы (гастроэнтериты), которые с наступлением летней жары уносят множество детских жизней. Жара, ослабляя детский организм, способствует в то же время обильному размножению во внешнем мире всякого рода бактерий, в том числе и гнилостных, которые тем или иным путем могут попасть в рот к ребенку иногда вместе с пищей или от лиц окружающих. Они проникают в кишечный тракт и там, размножаясь, изменяют обычную, нормальную кишечную флору ребенка, вытесняя *Bac.bifidus* и других молочнокислых бактерий. Таким патогенным гнилостным микробом является прежде всего *Proteus vulgaris*. Это маленькая подвижная палочка, получившая свое название потому, что обладает свойством легко изменять свой внешний вид под влиянием различных условий, обращаясь, например, иногда в длинные извитые нити, в которых трудно признать прежнюю маленькую палочку. Она является энергичным и наиболее обычным возбудителем гнилостных процессов, происходящих, например, при разложении трупов, разных животных отбросов и т.д. Бактериологические исследования летних детских поносов, произведенные в течение нескольких лет Мечниковым в Париже и мною в течение нескольких эпидемий в Москве, показали, что в значительном числе наблюдавшихся случаев в испражнениях больного ребенка обнаруживался именно этот микроб, а потому есть основание счи-

тать *Proteus vulgaris* одним из основных возбудителей этой губительной болезни. Превосходным подтверждением этой мысли являются опыты Мечникова, которому удалось путем кормления обезьян (шимпанзе) и кроликов-сосунов чистыми культурами *Proteus* или испражнениями, заключавшими этого микроба, вызвать у опытных животных типичную картину детских поносов. Весьма возможно, что наряду с *Proteus vulgaris* и некоторые другие гнилостные бактерии играют известную этиологическую роль в детских гастроэнтеритах, быть может, в условиях взаимного симбиоза.

Таким образом, история постепенного развития бактериального населения кишечника в его нормальном состоянии, равно как и отклонение его от нормы, является как бы новым свидетельством в пользу основной мысли Мечникова. От констатирования факта и его рационального объяснения мы естественным образом переходим теперь к вопросу о возможных мерах борьбы с тем несомненным злом, которое представляют гнилостные бактерии, в изобилии населяющие кишечник человека и хронически его отравляющие. Этой цели возможно достигнуть несколькими различными путями: можно было бы, конечно, думать о том, чтобы вовсе устранить бактерии из обихода человека, поскольку дело идет о его кишечном канале; но мы имеем здесь дело с задачей, которая по своей трудности едва ли может считаться практически осуществимой. Можно сделать попытку идти другим путем, который в известной степени указывает сама природа. Этот путь, по которому и предлагает идти Мечников, заключается в том, чтобы выбрать соответственный питательный режим, искусственно заселить кишечный канал, в особенности толстые кишки, микробами-антагонистами по отношению к гнилостным бактериям. Такими микробами являются прежде всего возбудители молочнокислого брожения, потому что молочная кислота, образующаяся при этом процессе, задерживает развитие возбудителей гниения. В высшей степени замечательно, что и *Bac.bifidus*, которым, как мы видели, организм новорожденного ребенка пользуется в качестве защитного средства, принадлежит к молочнокислым бактериям. С другой стороны, у многих народов, в том числе и малокультурных, в большом ходу употребление кислого молока в разных видах: так, болгары употребляют йогурт, жители Кавказа — кефир, египтяне — leben и т.д. В своих «Essais optimistes» Мечников обращает внимание на то, что племена, инстинктивно вводящие в свой пищевой режим как основу кислое молоко, пользуются хорошим здоровьем и представляют сравнительно высокую цифру людей, доживающих хорошо сохранившимися до очень глубокой старости. Мечников в своей недавно появившейся статье приводит сюда относящийся факт, взятый из жизни населения Карачая (Кубанской области), у которого самым существен-



ным элементом питания является «кайран», особый вид кислого молока, без которого жители Карачая не обходятся. Среди них нередко встречаются старцы столетнего возраста и более, которые представляли даже случаи второго появления зубов после окончательного выпадения старых. Мечников объясняет себе это любопытное явление таким образом, что в данном случае в кишечник вводится: с одной стороны — готовая молочная кислота, а с другой стороны — возбудители молочнокислого брожения и молочный сахар, за счет которого может образоваться дальнейшее количество молочной кислоты. Сопоставление этих наблюдений и привело Мечникова к мысли воспользоваться чистыми культурами молочнокислых бактерий в качестве основного средства для рационального изменения кишечной флоры. Здесь будет небезынтересно заметить, что в последнее время было предложено и успешно применено введение чистых культур молочнокислых бактерий вместе со слабым раствором молочного сахара при инфекциях, поражавших различные слизистые оболочки человеческого организма, менее глубоко лежащие, чем слизистая оболочка кишечного канала, а именно при болезнях уха, горла, носа, при гнойном воспалении ран, при упорном гнойном воспалении десен, так называемой пиоррее, и также при случаях гнойного воспаления женских половых органов, наблюдавшемся после родов. В этом случае легче достигнуть замещения гнилостных бактерий молочнокислыми, так как последние тотчас вступают с ними в конкуренцию, не проходя длинного пути от ротовой полости до кишечного канала. Для того чтобы заселить кишечник молочнокислыми бактериями, Мечников прежде всего выбрал наиболее жизнеспособную культуру этих бактерий, вырабатывающую наибольший процент молочной кислоты — это болгарский бацилл (далее *Bac.paralactici*), а также «гликобактерию», выделенную Вольманом из кишечника собаки (последний микроб отличается интересным свойством: он сам, расщепляя крахмал в кишечнике человека или животного, доставляет последнему сахар, нужный для питания молочнокислых бактерий). Что касается более рационального пищевого режима, то для его установления Мечников обратился к опыту. Наиболее подходящими животными в этом отношении оказались белые крысы, с которыми были поставлены систематические опыты кормления в различных условиях; при этом за успешностью борьбы молочнокислых бактерий с гнилостными следили по степени ослабления в моче реакции на индол, фенол и другие подобные продукты. В конечном результате этих опытов оказалось, что полное исчезновение вышеуказанных реакций, а следовательно, вполне удовлетворительные результаты были получены при кормлении совместно с молочнокислыми бактериями свеклой, финиками, ветчиной и картофелем.

Отсюда Мечников приходит к заключению, что наиболее благоприятных результатов следует ожидать при кормлении культурами молочнокислых бактерий в соединении со смешанным пищевым режимом. Проведение в жизнь рекомендуемого Мечниковым метода в применении к человеку дало вполне удовлетворительные результаты.

Несколько иным путем предлагает идти Тиссье, хотя основы его метода существенно не отклоняются от предложенного Мечниковым. Тиссье также рекомендует вводить в кишечник культуру молочнокислых бактерий (на пептоновой воде со слабым раствором глюкозы или молочного сахара), но совершенно исключает из режима мясную пищу, молоко и вообще животные белки.

Наконец, возможен еще 3-й путь борьбы с кишечной интоксикацией. Это путь самый смелый, нередко опасный, но безусловно и самый радикальный. Мы видели, что самоотравление организма через кишечник происходит благодаря заставанию пищевых остатков в толстых кишках. Там, где этого заставания не происходит, как, например, у летучих мышей, там нет места и гнилостным процессам. Путем целого ряда остроумных соображений Мечников пришел к тому результату, что толстые кишки, по крайней мере для человека, не представляют органа первостепенной важности и что они имели несравненно больше значения для тех его предков, от которых перешли к нему по наследству и условия жизни которых были связаны с быстротой и продолжительностью передвижения. Отсюда у него возникла мысль, нельзя ли человеку вообще обойтись без толстых кишок, нельзя ли удалить эти последние путем хирургического вмешательства так, как теперь нередко удаляют малую часть толстых кишок — червеобразный отросток. Этой идеей Мечникова воспользовался известный английский хирург д-р Лэн и производил удаление всех толстых кишок или значительной их части в тех случаях, когда никакие другие средства не могли быть с пользой применены к пациенту, например при сифилитическом поражении толстых кишок, при случаях рака и нередко в тех случаях упорного хронического запора, когда пациент не поддавался никакому другому лечению. Эта сложная операция, в начале дававшая очень большой процент смертности (10%), теперь, по последним сообщениям Лэна, дает только 2% и вместе с тем весьма благоприятные результаты: значительное восстановление сил и здоровья пациентов. Люди, в течение многих лет страдавшие хроническим заболеванием толстых кишок, лишавшим их бодрости и способности вести нормальный образ жизни, восстанавливали после операции свое здоровье, делались работоспособными и не жаловались на ненормальность кишечных отправления. В High's Hospital в Лондоне, где находится хирургическое отделение профессора Лэна, можно видеть целую палату с оперированными им больными, которые

вскоре после операции поправляются и имеют бодрый и довольный вид.

Так Мечникову не только удалось придать специальному вопросу бактериологии по микрофлоре кишечного канала глубокое биологическое значение, но и использовать его в целях практической медицины, указав средство для устранения одного из существеннейших факторов, сокращающих нормальный срок человеческой жизни. Без сомнения, еще очень много остается сделать на этом пути, конечной целью которого является успешная борьба с преждевременным одряхлением организма. Но уже и первые шаги, сделанные в этом на-

правлении, позволяют надеяться, что оба пути, указанные Мечниковым, — метод бактериотерапии и метод хирургического вмешательства — не будут оставлены, а в будущем дадут еще более благоприятные результаты. Но, независимо от этих чисто практических методов, частью разрабатанных, частью только наметившихся под влиянием идей Мечникова, громадная и несомненная заслуга его заключается в том, что он первым смело поставил и развернул во всей его широте вопрос о борьбе с преждевременной старостью и не побоялся приступить к этой борьбе, опираясь на данные науки.

## А ВОЗ И НЫНЕ ТАМ

А.Н.Суворов,

доктор медицинских наук

ГУ Научно-исследовательский институт экспериментальной медицины РАМН  
Санкт-Петербург

Один из казусов в развитии науки заключается в том, что сейчас мы знаем значительно больше о далеких небесных телах, чем о микромире собственного организма. Как ни странно, по сей день продолжают дискуссии о значении микрофлоры в жизни человека, инициированные на рубеже XIX—XX вв. блестящими результатами микробиологических исследований Л.Пастера, Р.Коха и И.И.Мечникова. Кишечным бактериям и их роли в нашем организме посвящены оба публикуемых обзора, написанные почти 100 лет назад Прасковьей Васильевной Циклинской (первой в России женщиной-бактериологом, соратницей Мечникова) и Петром Юльевичем Шмидтом (известным зоологом и популяризатором науки). Забавно, что основные представления вековой давности, касающиеся количественного состава микроорганизмов в толстом ки-

шечнике и превалирования в нем анаэробных бактерий, мало отличаются от тех, что приняты в настоящее время. Не существенно изменилась и основная методология, позволяющая изучать свойства кишечных бактерий. Так, во многом благодаря Мечникову и его единомышленникам была налажена идентификация целого ряда микробных культур из толстого кишечника, разработаны подходы к изучению выращивания животных в безмикробных условиях, создана концепция коррекции нарушения микробного баланса с использованием культур молочнокислых бактерий — лактобацилл, ставших прообразом современных пробиотиков.

Как и многих современных исследователей, ученых того времени интересовал вопрос: *кишечная микробиота — наш обязательный и жизненно важный спутник или же причина заболеваний и преждевременного старения?* Как и положено, в решении важнейшего вопроса

биологической науки концептуальный водораздел проложили титаны — Пастер и Мечников. Пастер, опираясь на знания о бактериях, живущих в симбиозе с растениями, предположил, что обитатели желудочно-кишечного тракта — симбионты нашего организма и необходимы для поддержания здоровья. Мечников же заподозрил другое: микрофлора кишечника, особенно толстого, вредна и приводит к выработке ядов и токсинов, сокращающих продолжительность жизни человека.

В отличие от Пастера, который ограничился гениальным предположением, Мечников с коллегами провели множественные эксперименты на самых различных биологических моделях, начиная от головастиков и заканчивая цыплятами и козами. Ценность этих исследований для развития науки трудно переоценить, так как в результате была создана новая методология изучения взаимоотношений микро- и макромира, а тех-



нология по созданию безмикробных животных дала начало целому направлению биологической науки — гнотобиологии (от греч. γνωστός — известный).

Неудивительно, что Циклинская, как сподвижница Мечникова, трактовала результаты проведенных экспериментов в пользу концепции учителя, однако в ее обзоре нетрудно заметить некоторые логические нестыковки. Например, все неудачи в экспериментах по проверке жизнеспособности гнотобионтов она объясняет методическими промахами, но ведь и удаchi при ближайшем рассмотрении крайне спорны.

Вот как она комментирует результаты исследований французского коллеги М.М.Коэнди: «Коэнди отмечает далее разницу в пищеварении стерильных цыплят по сравнению с нормальными: экскременты первых заключают обычно гораздо больше непереваренных остатков пищи, чем это наблюдается у нормальных. Вследствие этого они больше и чаще едят, чем эти последние. Можно сказать, что нормальные цыплята «утилизируют» свою кишечную флору, но это не является *необходимым условием* их жизни». Однако, на мой взгляд, образование непереваренных остатков пищи указывает как раз на дефектность системы пищеварения гнотобионтных животных. А то, что «нормальные цыплята «утилизируют» свою кишечную флору», — уж совсем необоснованный вывод.

Неубедительна Прасковья Васильевна и при обсуждении экспериментов по созданию безмикробных козлят. В качестве доказательства их высокой жизнеспособности она приводит случай, когда заражение гнотобионтного козленка сенной палочкой не вызвало патологических последствий. Скорее всего, этот козленок получил не чистую культуру бактерий, а их смесь, и приобретенные штаммы сенной палочки направили его развитие в нормальное русло, т.е. он стал таким же, как и его сорос-

дичи, получающие с кормом огромное количество бацилл сенной палочки.

Циклинская была уверена во вредности микрофлоры толстого кишечника и даже в целесообразности хирургического удаления толстой кишки. Не менее категоричны и выводы Шмидта: «для нас не представляет никакой ценности та разнообразная флора микробов, которая населяет наш кишечник» и развитие науки позволит обеспечить «полное уничтожение этой флоры <...> из мира низших паразитов, населяющих наш кишечник».

Не стоит забывать, что в научном и околонаучном сообществе того времени, опьяненном первыми успехами научно-технической революции, доминировали идеи главенства человека над окружающим миром, и в частности над миром микроорганизмов. С современных позиций легко обвинять ученых начала XX в. в недалекости и антропоцентризме. Однако у нынешнего поколения не так уж много причин для гордости. До сих пор абсолютное большинство населения считает нормальную микрофлору кишечника если не вредной, то по крайней мере глубоко чужеродной нам массой микробов, куда, как на грядку, можно подсаживать недостающие бифидобактерии или лактобациллы. Благодаря назойливой рекламе даже очень далекие от науки люди знают, что в кишечнике находится много бактерий или вирусов, а в случае дисбактериоза может здорово помочь «Активель» или «Линекс». Более продвинутые скажут, что главное, чтобы было побольше бифидо- и лактобактерий: тогда в кишечнике, в котором 70% иммунитета (интересно, как они это посчитали?), будет полный порядок.

К слову, термин «лактобактерии» используется только в России и соответствует распространенному в англоязычной литературе понятию «Lactic acid bacteria» (LAB). В эту группу вхо-

дят бактерии 11 родов (лактококки, лактобациллы, энтерококки, стрептококки, лейконосток и др.), способные активно ферментировать молочный сахар (лактозу) с образованием молочной кислоты. Однако часто лактобактерии отождествляют только с лактобациллами. Такая вводящая в заблуждения трактовка встречается даже в официальных документах (например, ОСТ, относящихся к анализу на дисбактериоз или к изготовлению кисломолочных продуктов). Что уж говорить о рекламе. Оставим в покое обывателей и обратимся к профессионалам — врачам и биологам.

У современных врачей, при всем моем уважении к непосредственным коллегам, в отношении к микрофлоре кишечника творится полная неразбериха. И камень преткновения в этом — проблема дисбактериоза, точнее, дисбиоза, так как в кишечнике обитают не только бактерии. Термин «дисбиоз» трактуется как состояние, при котором нарушается количественный и качественный баланс микроорганизмов кишечника, что приводит к разного рода патологическим последствиям для макроорганизма. Одни медики ратуют за исследование состава микрофлоры кишечника и борьбу с дисбактериозом (или дисбиозом) — причиной множества болезней. Другие не считают дисбактериоз патологией и предпочитают его игнорировать. Третьи настойчиво объясняют интересующимся пациентам, что «дисбактериоза не существует», что анализ кала на дисбактериоз не надо проводить, так как «бактерии в баночке с анализом сами по себе вырастут на столе у батареи» и что «основой кишечной микрофлоры являются не классические бактерии, а бактероиды». Досадно, что эти слова, взятые из растиражированного в Интернете интервью под разными названиями («Надуманный недуг», «Миф о дисбактериозе» и т.д.), принадлежат врачу высшей категории, члену Россий-

ской гастроэнтерологической ассоциации, который, похоже, даже не подозревает, что бактерии — огромная группа анаэробных грамотрицательных бактерий, разделенных на три класса (*Bacteroidetes*, *Flavobacteri* и *Sphingobacteria*), куда входит множество родов и видов. Уже более классических бактерий и представить трудно.

Просвещенные же гастроэнтерологи объясняют другим врачам, что дисбактериоз как синдром, конечно, существует, но термин этот ныне устарел и изменен на новый и правильный — синдром избыточного бактериального роста (СИБР). Незадача только в том, что на деле СИБР — неточная калька с английского «Small Intestinal Bacterial Overgrowth Syndrome» (SIBO), что в переводе означает «синдром избыточного роста бактерий в тонком кишечнике» [1]. Правда, никого из произносящих этот модный термин не волнует, какие именно бактерии там, в тонком кишечнике, избыточно переросли и как корректно определить их «перерост», не говоря уж о том, что взять материал из тонкой кишки не так-то просто. В лучшем случае такой диагноз ставится на основании все того же микробиологического анализа аспириата тонкой кишки со всеми методологическими трудностями, которые свойственны анализу микрофлоры кала, а зачастую (причем и у нас, и на Западе) — по клиническим симптомам. Любопытно, что пациентам с таким диагнозом, как правило, не предлагают ничего, кроме антибиотиков — основной причины дисбиоза.

Клинические микробиологи, похоже, предпочитают вообще не замечать микробиоту. Достаточно сказать, что на XX Европейском конгрессе по клинической микробиологии (European Congress of Clinical Microbiology and Infectious Diseases, ECSMID), проходившем в апреле 2010 г. в Вене, почти половина докладов была посвящена антибиотикам, которые нарушают

микрофлору кишечника, и ни одного — микробным препаратам, пробиотикам, которые микрофлору восстанавливают. Некоторые доклады эпидемиологов напоминали сводки военных хроник: столько-то госпиталей проверили, столько-то переевооружили новыми антибиотиками, новыми подходами к диагностике и учету заболеваемости, столько-то денег затратили и в результате на столько-то процентов снизили заболеваемость, связанную с тем-то микроорганизмом. Просто театр абсурда на высшем европейском уровне. Очевидно, что не последняя причина такого расклада в научных приоритетах — активная политика производящих антибиотики фармацевтических компаний, которые зачастую финансируют медико-биологические исследования.

Неклиническим микробиологам хвастаться тоже пока нечем. Хотя интерес к микрофлоре организма в целом и кишечника в частности в настоящее время сильно возрос, вопросов и белых пятен куда больше, чем точных ответов. Например, до сих пор неясно, можно ли менять на длительный срок состав микрофлоры кишечника с помощью пробиотических продуктов или препаратов. Неизвестно даже, какие медико-биологические требования к ним предъявлять. Хорошо или плохо, что содержащиеся в пробиотиках бактерии часто обладают высокой степенью адгезивности (способностью прилипать) к кишечному эпителию? Нужно ли, чтобы они подавляли другие бактерии, ведь свои собственные тоже могут пострадать? Сколько времени надо принимать такие препараты? Однократно? Месяц? Постоянно? Да вообще, может ли пробиотик как-то действовать на организм пациента, учитывая, что бактерии сначала должны оправиться после лиофильной сушки, затем преодолеть губительную для большинства из них среду желудка, а уцелевшие и добравшиеся до кишечника будут состав-

лять лишь доли процента от общего объема микрофлоры? Таких вопросов существует множество, и, как и во времена Мечникова, в большинстве случаев приходится ограничиваться гипотезами, концепциями, личным врачебным опытом или просто здравым смыслом. Тем не менее к настоящему времени накоплено достаточно информации, чтобы не сомневаться, что подавляющее большинство кишечной микрофлоры не относится к паразитарной, а очень даже нам нужна, как, собственно, и наша толстая кишка.

Так кто же из двух безусловных гениев биологической науки оказался прав — Пастер или Мечников? Осмелюсь предположить, что правы оба: Пастер, предполагая, что бактерии нам нужны, и Мечников, говоря, что они могут быть смертельно опасны. Здесь не мешает напомнить, что болезнетворность бактерий, хотя иногда и зависит от видового состава микрофлоры, а для отдельных видов еще и общего числа (кворума) микробов\*, связана в первую очередь с индивидуальными особенностями штаммов.

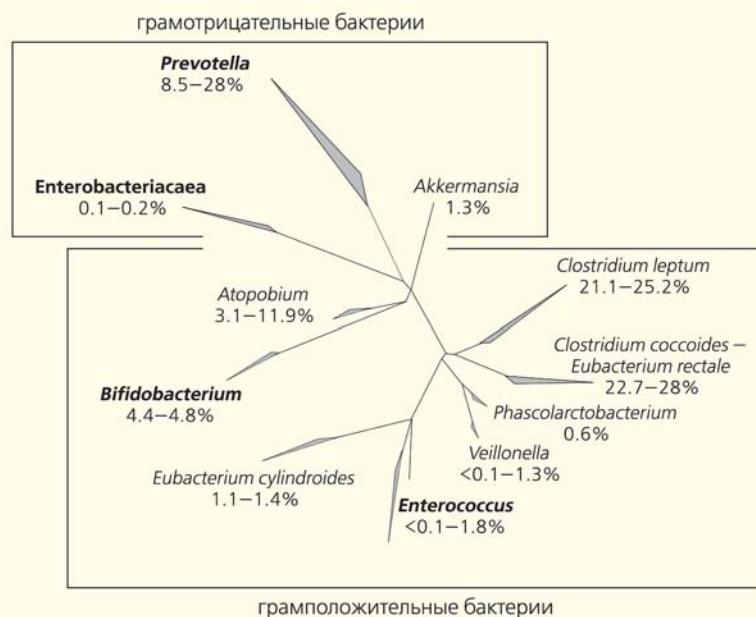
К настоящему времени доказано, что микроорганизмы кишечника здорового человека выполняют многообразные функции по расщеплению и утилизации компонентов пищи, синтезу целого ряда биологически активных веществ, в частности витаминов [2]. Так, в настоящее время доказано, что эпителиальным клеткам толстой кишки (колоноцитам) жизненно необходим бутират — короткоцепочечная жирная кислота, образующаяся в результате бактериальной ферментации сложных полисахаридов [3]. Наверное, знатокам

\* При достижении кворума возрастает и концентрация особых регуляторных пептидов, дающих команду генетическому аппарату бактерий переключаться на вирулентный тип поведения в организме. В этот момент меняется и совокупная продукция огромного количества генов, что важно для болезнетворного пути развития.

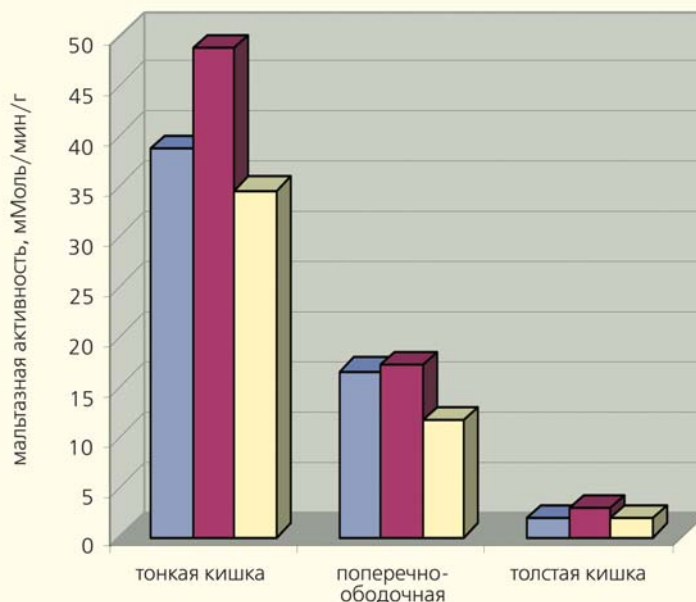


микробиологии среди врачей будет любопытно узнать, что основные поставщики бутирата — именно «обиженные» бактероиды. По численности их превышают лишь фирмикуты (Firmicutes) — огромное сообщество преимущественно грамположительных бактерий, представленное двумя крупными классами (кlostридиями и бациллами). Бифидобактерии обычно не составляют и 5% от общего состава бактерий кишечника, а лактобациллы, относящиеся к фирмикутам, — и того меньше, не более 1%.

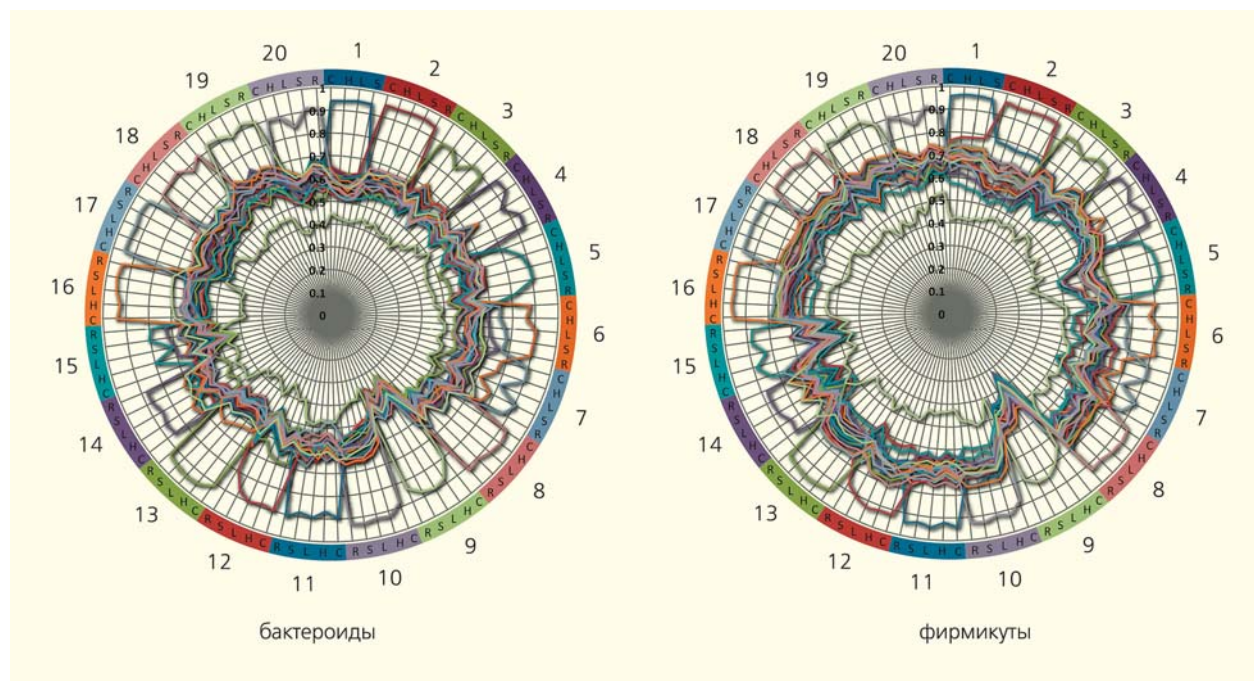
Последние данные новой науки, посвященной особенностям клеточного метаболизма, — метаболомики, неопровержимо свидетельствуют о теснейшей взаимосвязи бактерий и клеток нашего организма. Более того, многие обменные нарушения напрямую обусловлены нарушениями в функционировании микробиоты [4]. Данная взаимосвязь макроорганизма и микрофлоры носит динамический характер. Такого рода регуляция была доказана в наших недавних исследованиях на модели лабораторных животных, получавших два различных штамма бактерий: кишечную палочку с препаратом «Колибактерин» и энтерококк с пробиотиком «Ламинолакт». Помимо видовых отличий, эти штаммы ферментируют сахар, мальтозу, с разной эффективностью. Исследования ферментативной активности проводились в просвете кишки, в слизи и в эпителии кишечника животных. Оказалось, что по характеру мальтозного метаболизма эпителий кишечника животных двух групп отличался драматически. В группе животных, получавшей энтерококки, мальтазная активность эпителия была снижена. Напротив, в группе, получавшей кишечную палочку, дефектную по мальтазе, способность усваивать мальтозу возросла [5]. Главный вывод эксперимента: активность кишечных ферментов (как минимум мальтазы), ответственных за метабо-



Филогенетическое древо, построенное на основе последовательности 16S рНК и отображающее степень родства между разными группами кишечных бактерий [11]. Частота их встречаемости указана в процентах. Жирным шрифтом выделены названия бактерий, в группе которых расшифрован геном как минимум одного представителя.



Мальтазная активность эпителия разных отделов кишечника лабораторных крыс на фоне приема пробиотиков — энтерококка *E. faecium* L3 (желтые столбики) и кишечной палочки *E. coli* (малиновые столбики) в сравнении с активностью кишечного эпителия контрольных животных (синие столбики).



Индивидуальные особенности микробиоты в образцах кишечного эпителия 20 добровольцев. Радиальная шкала показывает корреляцию численного и видового состава (профиля) бактерий с конкретным индивидуумом. Цвета соответствуют каждому из добровольцев, буквы — отдельным участкам толстой кишки, из которых брались биоптаты. Видно, что только в одном случае из 20 (№15) уникальность профиля микробиоты по бактероидам и фирмикутам не была очевидной [8].

лизм сахаров, находится в зависимости (по типу обратной связи) от метаболической активности кишечной микрофлоры. Бактерии пробиотика способны либо «разгружать» активность энтероцитов, либо стимулировать их работу.

Бактерии кишечника столь же активно взаимодействуют с иммунокомпетентными клетками макроорганизма, поддерживая в рабочем состоянии систему врожденного иммунитета. Иммуномодулирующая функция микрофлоры — одна из самых интенсивно изучаемых в настоящее время проблем. Доказано, что бактерии обладают способностью стимулировать выработку различных видов интерлейкинов и определять дифференцировку Т-лимфоцитов. Показано, что бактерии, даже относящиеся к одному и тому же виду, способны стимулировать иммунные реакции по-разному, поэтому и эффекты от приема разных пробиотиков могут коренным образом отличаться.

Мне кажется, что вопрос о полезности или вредности бактерий, населяющих организм человека, который так волновал многих ученых прошлого, во многом — дань старому антропоцентрическому мышлению. Человек как таковой не существует без его микробиоты. На деле мы — часть комплексной системы из макроорганизма и его микромиира, и слова «полезность» или «вредность», носящие эмоциональную окраску, не очень уместны.

Не удивлюсь, что с точки зрения бактерий, мы, наверное, полезный термостат, поставляющий им питательные вещества. Каждому из компонентов сложнейшей микробиоты человеческого кишечника приходится решать массу задач, начиная от борьбы с соседями и заканчивая дележом питательных веществ с макроорганизмом, во имя главной цели — размножения. Абсолютная безвредность некоторых видов бактерий — такой же миф, как и их любовь к организму хо-

зяина. Бактерии руководствуются лишь биологической целесообразностью и степенью патогенности, а в определенных условиях и при определенном состоянии иммунной системы организма хозяина могут приводить к тяжелым патологическим процессам. Однако, к нашему счастью, биологическая целесообразность для микрофлоры такова, что ей энергетически выгодно поддерживать шагающий термостат с продуктами в рабочем состоянии, а не убивать его в надежде отыскать нового хозяина. Даже предмет нашей особой гордости — интеллект — косвенно зависит от особенности нашей микробиоты.

Процесс пищеварения любого организма подстроен под основные источники энергии, или, другими словами, ту пищу, которую организм чаще всего потребляет. Хорошо известно, что у травоядных существенно более длинный и сложноорганизованный желудочно-кишечный тракт, чем у хищников. Микро-

биота травоядных также отличается от микробиоты хищников по видовому составу и по ферментативной способности, например по способности гидролизировать целлюлозу из листьев и травы. Анализ пищевого поведения приматов четко показывает, что эволюция, приведшая к появлению *Homo sapiens*, сопровождалась изменением пищевого поведения наших предков. В силу тех или иных обстоятельств они переходили от потребления листьев сначала преимущественно к фруктам, а потом к практически любым продуктам, и особенно к мясу [6]. Должен разочаровать любителей вегетарианской пищи, но человек никогда бы не начал говорить или писать книги, если бы не стал самым страшным хищником на нашей планете. Если бы листьев хватало, мы просто не слезли бы с дерева. Соответственно, и сам кишечник, и его микробные обитатели в процессе эволюции адаптировались к разнообразной пище, богатой животными и растительными белками. Интеллект наших недавних предков и нас самих — лишь инструмент для лучшего обеспечения такими продуктами. Впол-

не возможно, что и наше пищевое поведение отчасти регулируется микробиотой, способной, как недавно выяснилось, синтезировать различные нейрорегуляторные вещества [7].

Приходится признать, что кишечная микрофлора — неотъемлемая часть нашего организма, причем ее состав и функции детерминируются нашим пищевым поведением. Даже видовой и количественный состав микроорганизмов в кишечнике строго индивидуален [8]. А недавно появилась информация о том, что состав микробиоты наследуется: в изящных экспериментах по скрещиванию чистопородных линий мышей было доказано, что с изменением генотипа животных меняется и микробный состав их кишечника [9].

Научно-техническая революция последнего столетия внесла существенные изменения в пищевое поведение человека, за которым не поспевает наша собственная физиология. Мы стали потреблять меньший объем пищи, меньше клетчатки, а также меньше калорий. Обменные нарушения, такие как гиперхолестеринемия, атероск-

лероз сосудов, диабет, а также частые аллергии, — расплата за удобства цивилизации.

Гениально подмеченные Мечниковым полезные свойства молочнокислых заквасок отчасти обусловлены тем, что штаммы микроорганизмов, веками отбираемые по критерию полезности для человека, восполняли и восполняют физиологическую дефектность собственной микрофлоры [10]. Логично предположить, что успех приема пробиотиков при многих заболеваниях человека вызван нашим скудным потреблением с пищей микроорганизмов, необходимых здоровому организму.

Как же быть с гнотобионтами, способными жить вообще без микробов? Сможем ли мы, согласно с идеей Шмидта, освободиться от вредоносных микроорганизмов? К разочарованию сторонников всеобщей вредности бактерий, безмикробные животные в естественных условиях не выживают, а выжившие счастливцы обязательно заводят микрофлору. Так что, если человечеству как виду и уготовано судьбой долгое существование, его придется разделить с микробами. ■

## Литература

1. Bures J., Cyrany J., Koboutova D. et al. Small Intestinal Bacterial Overgrowth Syndrome // World J. Gastroenterol. 2010. V.16. №24. P.2978—2990.
2. Шендеров Б.А. Медицинская микробная экология и функциональное питание. Т.II. М., 1998.
3. Mathew A.J., Wann V.C., Abraham D.T. et al. The Effect of Butyrate on the Healing of Colonic Anastomoses in Rats // J. Invest. Surg. 2010. V.23. №2. P.101—104.
4. Scholz-Abrens K.E., Ade P., Marten B.P. et al. Schrezenmeir Supplement: Effects of Probiotics and Prebiotics Prebiotics, Probiotics, and Synbiotics Affect Mineral Absorption, Bone Mineral Content, and Bone Structure // J. Nutr. 2007. №137. P.838—846.
5. Ермоленко Е.И., Донец В.Н., Дмитриева Ю.В. и др. Влияние пробиотических энтерококков на функциональные характеристики кишечника крыс при дисбиозе, индуцированном антибиотиками // Вестн. С.-Пб. ун-та. Сер.11, Медицина. 2009. Вып.1. С.157—167.
6. Milton K. Diet and Primate Evolution // Nutritional Anthropology: Biocultural Perspectives on Food and Nutrition / Eds A.Goodman, D.Dufour, G.Pelto. L., 2000. P.46—54
7. Collins S.M., Bercik P. The Relationship Between Intestinal Microbiota and the Central Nervous System in Normal Gastrointestinal Function and Disease // Gastroenterology. 2009. V.136. №6. P.2003—2014.
8. Budding A.E., Grasman M.E., Lin F. et al. IS-pro: High-Throughput Molecular Fingerprinting of the Intestinal Microbiota. // FASEB J. 2010. Jul 19. (Epub ahead of print).
9. Bubnik K. Effect of the Host Genotype on Gut Microbiota in Mice. International Scientific Conference IPC2010. 2010. Kosice, June 15—17.
10. Мечников И.И. Этюды оптимизма. М., 1964.
11. Zoetendal E.G., Vaughan E.E., de Vos W.M. A microbial world within us // Mol. Microbiol. 2006. V.59. №6. P.1639—1650.



# ТЫ МОЙ ЕДИНСТВЕННЫЙ САМЫЙ БЛИЗКИЙ ДРУГ...

Письма Н.И.Вавилова

Это слова Николая Ивановича Вавилова, адресованные в одном из писем к своей любимой женщине, жене, матери его второго сына — Юрия, к самой верной ученице и помощнице — Елене Ивановне Барулиной. В третий раз наш журнал знаменует день рождения великого ученого обращением к неизвестным ранее архивным материалам\*. В этом номере мы продолжаем публикацию писем Вавилова к Барулиной, сохранившихся у их сына — доктора физико-математических наук Ю.Н.Вавилова.

Напомним основные события их жизни в те годы. Весной 1921 г. Вавилов окончательно покидает Саратов, чтобы переехать в Петроград. Часть его сотрудников, включая Барулину, следуют за ним в возрожденный и реорганизованный им отдел по прикладной ботанике Сельскохозяйственного ученого комитета (с 1917 г. — Отдел прикладной ботаники и селекции, с 1925 г. — Институт прикладной ботаники и новых культур, будущий ВИР). Начинается новая жизнь на новом месте. Со свойственными ему энтузиазмом и энергией Вавилов организует жизнь отделов; борется за передачу великокняжеской усадьбы в Царском Селе генетико-селекционной станции; по всей стране начинает посевы коллекционного материала, посылая туда своих сотрудников; ищет сподвижников на местах. И все это время в его мыслях женщина, с которой его связывает чувство, глубоко и тщательно хранимое от чужих глаз, его Леночка, Ленуша, Ленушенька. Ведь официально он женат, у него сын. Правда, некое логическое завершение непростых отношений с первой женой, Екатериной Николаевной Сахаровой, обозначилось: она наотрез отказалась ехать в Петроград и вернулась вместе с сыном Олегом в Москву, в родительский дом Вавилова к его матери на Среднюю Пресню, где и прожила до конца своих дней. Но это не было полной свободой.

По прибытии в Петроград начинаются бесконечные разъезды. Барулина отправляется на полевые сезоны в Каменную степь (под Воронеж), выезжая в Крым для наблюдения за посевами в Никитском ботаническом саду и в Аскании-Нова. В 1924 г. Вавилов рекомендовал ее в Крымскую экспедицию П.М.Жуковского, откуда она привозит интересный материал. В 1925 г. она больше месяца стажировалась в Германии в генетических лабораториях. Весной 1926-го на все лето уезжает на вновь организованное украинское отделение ВИР под Харьков.

Вавилов сидит на месте еще меньше: осенью 1921 г. — трехмесячная поездка в США, а на обратном пути посещение ряда научных учреждений европейских стран. Постоянные посещения станций и опорных пунктов, частое пребывание с организационными делами в Москве, чтение лекций и докладов — его образ жизни. В 1923 г. — большая поездка по Средней Азии, в 1924-м — экспедиция в Хорезмский оазис и в Афганистан, организация которой отняла у него много времени



Н.И.Вавилов и Е.И.Барулина. 1926 г.

\* Щедрая и обаятельная натура Н.И.Вавилова // Природа. 2007. №11. С.62—82; «Ты была лучшей из всех, кого я видел...» // Природа. 2009. №11. С.58—73.

и сил, а через год — пятнадцатимесячная экспедиция по Средиземноморью. Отовсюду, где он был и откуда можно было послать известие, летели его письма.

Первые два письма данной подборки написаны сразу по прибытии из поездки по США. Они не посылались по почте, он вынужден был передавать ей их тайком в институте. Переписка, начавшаяся в 1917 г., поначалу была крайне редкая, сугубо деловая. Но с 1920 г., когда плотина сдержанности была разрушена (пока только на бумаге) тем огромным чувством, которое они тщательно скрывали даже от себя, переписка переросла в диалог двух любящих друг друга людей, делавших одно любимое дело... В ней всегда переплетались работа и глубоко личное: иногда между задушевных теплых писем вдруг проскакивал официоз.

Письма 1922—1927 гг. — путеводные нити-маршруты, хронология поездок Вавилова, его краткие отчеты, наблюдения, размышления, наметки, задания, советы, очень часто и кратко — оценка действительности. Но прежде всего — это письма о любви к женщине, помощнице, единомышленнице, лучшему и единственному другу, которому он мог доверить все свои сомнения...

Пожились они весной 1926 г. Свадьбы не было. Остались лишь формальные свидетельства их женитьбы, которые он взял с собой в средиземноморскую экспедицию. Уже через несколько дней после отъезда из Ленинграда напишет ей: *«Все напоминает мне тебя каждую минуту. Кольцо и наши прекрасные фотографии»* (от 04.06.1926). Из этого самого длительного своего путешествия он пишет ей коротко, по большей части на открытках, иногда прямо на борту парохода, в автомобилях, в самолетах. В мае 1927 г. ему удалось организовать ее трехнедельное пребывание в Италии, где они путешествовали вместе. Но домой Елена Ивановна вернется одна. Он еще пару месяцев проведет в Пиренеях, письма откуда и завершают данную подборку.

Напомним, что письма Барулиной к Вавилу пропали во время обысков их квартиры НКВД, а значительная часть писем Вавилова к Барулиной опубликована в разных изданиях. В данной подборке приведены письма, ранее не видевшие свет или опубликованные фрагментарно.

Курсивом приведены переводы писем, написанных по-английски.

### Ночь 7/III/22. Петроград

Моя милая, милая Ленушенька.

Мне так много хотелось тебе написать и сказать. Я так часто ежедневно думаю о тебе, о милой, простой, понимающей все думы друга.

Прошло как будто так много времени, я, кажется, получил все твои письма, но не мог отвечать на них. Не раз мне хотелось для тебя завести особый дневник, чтобы ты знала все, что я думал и хотел сказать тебе. Из этого ничего, к сожалению, не вышло.

Я по-прежнему люблю милую, родную мне Леночку и остался верен всему тому, что говорил. Американцы<sup>1</sup> держат свое слово.

Ну, а как же ты, скажи, напиши все.

Напиши и скажи все. Я готов всегда ко всему. И я так люблю тебя, что все готов выслушать от тебя.

Мне хочется видеть тебя, расцеловать тебя. И в то же время мне кажется, что, может быть, ты любишь кого-нибудь, и мне хочется уйти тогда с дороги. Мне кажется, что я смогу сделать и это.

Я буду завтра целый день в лаборатории, буду у тебя, и ты зайди ко мне.

Сосед мой пришел и долгой беседой не дал мне дописать письмо. Но я увижу тебя завтра.

До свидания, милая, прекрасная Оленушка.

Твой НВ.

### Ночь 10/III/22. Петроград

Моя любимая, милая Леночка. Я был счастлив, читая твое письмо. Я рад, что ничего не измени-

лось и, право, многое стало проще. Я люблю тебя, и ты мне стала такая близкая, родная. Мне хочется быть с тобой, чувствовать твое присутствие, и без конца думать то, что ты знаешь и сочувствуешь моим помыслам.

Мне хочется быть с тобой и говорить тебе как самому себе все, что я видел, что хочется сделать. Мне кажется, я полюбил мир больше чем до того, как видел людей.

Мне хочется видеть тебя, хочется расцеловать тебя и успокоить тебя и уверить тебя, что мы проживем, будем делать то, что хотим, и так, как хотим, и что жизнь можно делать прекрасной.

Я страшно люблю, что ты не жалуешься ни на что и героем переносишь все трудности, и за это геройство, за твердость и терпение я еще больше люблю мою милую Лену.

Я хочу всем самого лучшего. Давно уже прошла пора осторожного, подозрительного соперничества. (неразборчиво. — *Ред.*) всегда была, и у нас всегда найдется свой путь, и становишься лучше, добрее. Может быть, это потому, что я люблю тебя и мне все кажется лучше и все кажутся не такими плохими.

Сейчас примусь за составление доклада к завтраму. Простудился в Царском или, вернее, по дороге туда, насморк и прочая ерунда, но это все чепуха.

Я видел Ленушу, знаю, что ничего не изменилось. И этого с меня достаточно. Авось успею подготовиться.

<sup>1</sup> Н.И.Вавилов только что вернулся из длительной командировки в США.

Кажется, в воскресенье в Москву. Я еду туда спокойно. Я ничего не боюсь. Я буду очень мягким, осторожным, спокойным. Мне очень хочется видеть мальчика<sup>1</sup>, и я со своей стороны сделаю все, чтобы он не имел поводов порицать меня.

Ну, там увидим. Пусть будет что будет.

Твой НВ.

Мне очень хочется просто поцеловать тебя мою милую хорошую Ленушеньку.

#### 6/IV/22. Петроград

Милая Ленушка.

*Жизнь идет как обычно. Много народу прибывает. Сейчас здесь Плачек<sup>2</sup>, С.Карташова<sup>3</sup>, Хитрово<sup>4</sup> и т.д. Моя собственная работа — это инструкции, организация, все, что я очень не люблю. Завтра собираюсь в Москву на 5 дней.*

*Я очень рад, что Писарев<sup>5</sup> взялся за станцию серьезно и я в Центре свободен от дел станции.*

*Все вместе, вся система организации устроена, и неплохо, похоже, что наиболее трудное сейчас — Отдел сам по себе. Если Заленский<sup>6</sup> всерьез придет, я буду очень рад.*

*Как ты, дорогая, как ты прибыла. Как твои посевы. Вчера еще не получили телеграмму от тебя.*

*Пиши и рассказывай, как все идет.*

*Я решил закончить все незаконченное и серьезно готовиться к экспедиции.*

*Я часто думаю о тебе, и ты должна быть уверена, мы вспоминаем тебя гораздо чаще, чем ты думаешь. Мне очень жаль, что ты не здесь, но это будет полезно для тебя — посмотреть немного Россию, новых людей.*

7/IV. Сегодня воскресенье, я сделал так мало за эти дни и даже не могу думать о собственной работе.

*Постараюсь изменить жизнь.*

*В целом лето еще не решено.*

*На этой неделе в Москве попытаюсь узнать больше об Афганской экспедиции.*

*Дорогая, милая, будь здорова. Я с тобой.*

Твой.

8/IV. Видел телеграмму от тебя. Хорошо, что ты не опоздала. Мы послали уже тебе один миллион почтой. И я распорядился послать тебе второй миллион на этой неделе телеграфом, как ты предполагала. Я все еще верю, что это должно быть интересно — поехать на короткое время дважды или

три раза за лето в Асканию-Нова. Фортунатова<sup>7</sup> (леди, которая получила образование на Голицинских курсах и которой я отдал семена) поможет тебе и позаботится о посевах. Сегодня первый день (слово неразборчиво. — Ред.). Я целую тебя.

Твой.

#### 15/IV/23. Москва

*Мой дорогой, милый друг, я все еще в Москве, устраиваю нашу Афганскую экспедицию. Я все еще не вполне в ней уверен, но возможность не исключена. Моим единственным компаньоном будет инженер Букинич<sup>8</sup> хороший малый, которого я очень хорошо знаю. Когда все будет решено, я напишу тебе. Я думаю, это будет не ранее чем в июне. Писарев целый год будет в Петрограде. Может быть, только на короткое время собираться в Сибирь и в разные районы.*

*Говоров<sup>9</sup> приезжает на этой неделе.*

*Снова и снова самое худшее — я не могу писать свою книгу и статьи, которые уже закончены. Должен написать эссе, отчеты, статьи. Клише для наших работ готовы, и, я надеюсь, в этом месяце мы начнем публиковать наши и мои работы по пшенице.*

*Конечно, я изучаю Афганистан, и в этом отношении определенная подвижка сделана. В мае должен изучать персидский язык.*

*Напиши мне, как твои посевы. Ездил ли ты в Асканию-Нова повторить свои посевы или нет. Решай это сама. По крайней мере, ты должна посетить Асканию в весеннее время.*

*Снегиревский<sup>10</sup> все еще в Москве. Он не определенный джентльмен. Но если ты знаешь, Ольга Константиновна Фортунатова должна сделать наши посевы (170 номеров) там. Ты должна контролировать здесь и познакомиться с Асканией. Поезжай, по меньшей мере, в мае, посмотри степь.*

*Я надеюсь в июне быть с тобой, перед отправкой в Туркестан.*

*Только что получил приглашение от Академии наук написать статью о всей нашей саратовской, московской и петроградской работе для «Коллекции научных работ России» («Collection of Works on Science in Russia»), которая будет опубликована на французском и русском к юбилею Академии в 1924. Должен сделать это, и вполне прилично.*

<sup>1</sup> Сына Олега от первого брака 1918-го года рождения.

<sup>2</sup> Плачек (1878—1955) — агроном, селекционер, работала с Н.И.Вавиловым в Саратове.

<sup>3</sup> Карташов С.А. — сотрудник ОПБ, работавшая в Саратовском и Воронежском отделениях.

<sup>4</sup> Хитрово — не удалось установить.

<sup>5</sup> Писарев В.Е. — (1882—1972) — агроном, селекционер, много сделавший для организации Центральной опытной станции прикладной ботаники и селекции в Царском селе и впоследствии назначенный ее директором.

<sup>6</sup> Заленский В.Р. (1875—1923) — в 1922—1923 гг. — ректор Саратовского СХИ и заведующий отделом Саратовской сельскохозяйственной опытной станции.

<sup>7</sup> Фортунатова О.К. (1898—1941) — агроном, с 1923 г. работала в ВИРе.

<sup>8</sup> Букинич Д.Д. (1882—1939) — почвовед, инженер-ирригатор, археолог.

<sup>9</sup> Говоров Л.И. (1875—1940) — агроном, селекционер. С 1923 г. заведовал Степной опытной станцией, позднее — секцией зернобобовых ВИПБиНК.

<sup>10</sup> Снегиревский С.И. — зоолог, орнитолог.



*Должен написать книгу для Афганистана, которая сейчас редактируется в Москве — эссе о значении изучения культивируемых растений Афганистана.*

*Итак, ты видишь, что я лично делаю.*

*Вся воронежская группа уже здесь.*

*Весна очень поздняя в этом году. Все еще снег и холодно в Москве.*

### 11/V/23. Петроград

(Письмо напечатано на машинке.)

На бланке:

«Сельскохозяйственный комитет

Отдел прикладной ботаники и селекции

Морская, 44

Петроград»

Дорогая Елена Ивановна.

Мною сделано распоряжение о посылке Вам бумаги, 2 пудов, гербарной и хорошей для этикеток, 4-го мая. Телеграмма в Асканию-Нова временно послана.

Ваше жалованье и Гали Павловны<sup>1</sup> кто-то пересылает, при случае справьтесь, но во всяком случае Вы можете расходовать на себя из сумм, посылаемых на операционные расходы, присылая соответствующие расписки за своей и чужой подписью. Примем меры, чтобы хватило Вам и на поливку, и на уборку участка. Во всяком случае на всю физическую работу занимайте без церемоний, май и июнь выдержат, что дальше — увидим. Важно, чтобы в первые моменты участок был в хорошем виде.

Альбрехту<sup>2</sup> семена, конечно, дадим. Много обещаний не давайте, с трудом выполняем их, не потому что жалко что-либо, но просто не хватает рук и времени. Может быть, пригласи помощника практиканта или практикантку. Вероятно, найти их нетрудно, и на это средств у Вас хватит.

Постараемся Вам по получении бумаги, денег переслать 3 миллиарда на полив и на все остальное. Можно ли обменивать банкноты у Вас, тогда будем пересылать ими. На сей раз послали по почте денежным пакетом. Немедленно сообщите по получении. Если это будет неудобно, будем пересылать телеграфом на банк.

Из литературы здесь пришла интереснейшая книга о сое, которую еще только начал читать, по прочтении, может быть, пришлю Гале Павловне. Потребовал уже недели 3 тому назад второй экземпляр от Бородина<sup>3</sup>, и, если он придет, немедленно пришлю.

Самое главное, Елена Ивановна, все-таки остается монококум<sup>4</sup> в Балаклаве, и при случае и даже без случая поймите это в виду. Боюсь, что затормозат Вас 1000 делянок, но, повторяю, что можно принанять практиканта, и если мало будет 3 миллиардов, хотя как будто достаточно, то можно и еще миллиард специально на исследование монококкум.

Надо быть осторожным, так как, кажется, бродить по Крыму еще не безопасно.

Здесь пришли новые семена вики, которые посылает на Ваше усмотрение, но их немного и особенно интересной присылки не было.

В Воронеже посевы идут вовсю. Половину посеяли.

В Петрограде стоит еще холодная весна, необычайно поздняя. Еще не совсем стаял снег, и о посевах еще не думаем, только через неделю начнем сеять в оранжереях. В общем как будто везде с посевами благополучно. С финансами справляемся. Боюсь за выставку<sup>5</sup>. Попомните о необходимости хорошего материала для выставки вообще по всем культурам, в частности, от Якушкина<sup>6</sup> мы еще не получили крымки-пшеницы.

Всерьез начали печатать «Труды». Набрано уже много работ. На следующей неделе начнется набор моей и Вашей статьи. Свою работу завтра надеюсь сдать наконец, как русский, так и английский текст. Английский почти полный перевод. Все это продельвалось 10 раз, в общем вышла работа нужная, но слишком в сокращенном виде.

От Заленского получено письмо, что он обязательно в августе проберется в Петроград и просит не сомневаться в его намерении. Уже высказывает различные предположения о работе.

Воронежская компания идет успешно, как будто все устроилось неплохо. Только что вернулся Эйхвельд<sup>7</sup> с хорошими сведениями.

### 22/V/23. Ташкент

На бланке:

«Agricultural Scientific Committee

Bureau of Applied Botany and Plant Breeding

Morskaya, 44

Petrograd, Russia»

Дорогая Елена Ивановна.

*Мы боремся за Кабул. В основном безуспешно. И я не уверен, что мы уедем. Так много глупых сложностей, что я сожалею насчет того, что разумно ли просить, если Афганистан стоит всех затрат энергии.*

<sup>1</sup> Николаенко Г.П. — лаборант Саратовского филиала Отдела прикладной ботаники.

<sup>2</sup> Альбрехт — сотрудник Никитского ботанического сада.

<sup>3</sup> Бородин Д.Н. — энтомолог и геоботаник, с 1922 г. — руководитель Нью-Йоркского бюро ОПБИС СХУК.

<sup>4</sup> *Triticum monosocum* L. — вид пшеницы.

<sup>5</sup> Всесоюзная сельскохозяйственная выставка в Москве, где участвовал ОПБИС СХУК.

<sup>6</sup> Якушкин И.В. — растениевод, в то время профессор Воронежского сельскохозяйственного института.

<sup>7</sup> Эйхвельд И.Г. (1893—1989) — биолог, селекционер, работавший на Полярном отделении ОПБИС СХУК, впоследствии, после ареста Н.И.Вавилова в 1940 г., назначен директором ВИР.

Но тем не менее мы попытаемся и делаем все, что зависит. Два дня назад был очень хороший день. Если у нас будет 100 таких дней, все будет хорошо. Я понял некоторые вещи в происхождении культурных растений.

Прекрасная схема вхождения растений в культуру. *Hordeum ervum* затем → *H. spontaneum* → → *H. Sativum*<sup>1</sup> во вполне ясной экологической последовательности. То же на пшеницах.

Мы бегаем в Ташкенте из ГПУ<sup>2</sup> в Наркоминдел и т.д. Пангало<sup>3</sup> в очень плохом состоянии. Станция закрыта. Он просил помочь ему. Но на 3/4 он виноват сам.

Фортулатова сделала очень хорошие посевы в 4-х местах. Я видел 2 из них.

Я заказал искать для тебя *Ervum*<sup>4</sup> etc.

Пожалуйста, собирай лен, ячмень из различных широт. Может быть найдутся не только культивируемые разновидности, но и дикое тоже.

Было бы чрезвычайно интересно собрать *Aegilops*<sup>5</sup> тоже. Путешествуй, работай. Но не так много, чтобы уставать. Будь осторожна, дорогая. Я получил твое письмо в Ташкенте.

Я пытался помочь Петру Михайловичу<sup>6</sup>, но, боюсь, это не так легко. Он должен ждать в Киеве из-за денег.

До свидания, дорогая.

Все еще много неопределенного в нашей поездке в Афганистан. Может быть, может нет.

### 30/V/23. Москва

Дорогая Елена Ивановна.

Посылаю Вам выдержку из письма о чечевице из Палестины. Послал Вам с (неразборчиво. — Ред.)вой 1 1/2 млн.

В Петрограде еще не сеяли... Будем, очевидно, только в июне.

Афганская экспедиция встретилась с затруднениями. Очень может быть, что не придется ехать. Потратили много времени и энергии. Но, с другой стороны, миллион других дел. И боюсь за выставку.

Уже 1 1/2 недели как в Москве.

Письма Ваши хорошо приходят. Рад за посевы: в общем удачны, и Ваша поездка в Крым удачна.

Галочке перешлют на днях большую коллекцию сои. Она послана будет на имя директора. Хорошо бы ее высеять. Она из Манчжурии.

В Воронеже всходы прекрасные. Москва тоже благополучна. Один Питер приводит нас в отчаяние, если бы не оранжереи. В.Евг.<sup>7</sup> переживает муки Тантала.

<sup>1</sup> Виды ячменя.

<sup>2</sup> ГПУ — Государственное политическое управление при НКВД РСФСР.

<sup>3</sup> Пангало К.И. (1883—1965) — в то время заведующий Туркестанским отделением ОПБис СХУК.

<sup>4</sup> Род растений из семейства бобовых.

<sup>5</sup> Род однолетних трав из семейства злаков или мятликовых, ближайший родич пшеницы.

<sup>6</sup> Жуковский П.М. (1888—1975) — ботаник, в ту пору работал в Тифлисском ботаническом саду, с 1925 г. — в ИПБиНК.

<sup>7</sup> Писарев В.Е. (1883—1972) — агроном, селекционер и географ культурных растений, с 1921 г. директор селекционно-генетической станции в Царском Селе, с 1925 г. заместитель Н.И.Вавилова как директора ВИР.

<sup>8</sup> «Атлантида» Пьера Бенуа, изданная в России на русском языке в 1922 г.

<sup>9</sup> Народный комиссариат земледелия.

В Москве немного подчитал. Это главный плюс моего пребывания в Москве.

Посылаю Вам для чтения хорошую книжку «Атлантида»<sup>8</sup>. Мне она очень понравилась.

В саду, кажется, поселился член коллегии НКЗ<sup>9</sup> Алек. Христоф. Митрофанов. Ему Вы покажите, что интересно. Он человек хороший.

Сегодня-завтра вопрос об экспедиции окончательно решится. Чувствую, в отрицательном смысле. Недели через 3 поеду в Воронеж, зовут посмотреть на ржано-пшеничные гибриды.

Что узнаете о *T.топососсит*, сообщите. Главное: я предполагаю существование многих форм ее в Крыму, и нужен возможно более хороший материал.

Будьте молодцами. Мы Вас не забываем и не забудем. Не очень перегружайтесь. Пригласите практиканта, техника или кого надо. К выставке надо бы хороший материал, демонстративный.

Когда есть время, читайте английские и французские романы.

Всего самого лучшего.

Ваш Н.Вавилов

### 31/V/23. Москва

Дорогая Леночка.

Сегодня я знаю наконец определенно, что в этом году экспедиция в Афганистан не может быть организована. Жаль. Слишком много энергии было потрачено на ее организацию.

Я возвращаюсь в Петроград писать, читать и т.д. Дел, конечно, много и кроме экспедиции. Но до сих пор хочется, чтобы она состоялась. Главная причина отказа — политические обстоятельства.

Через три недели я надеюсь поехать в Воронеж. После тебя, дорогая.

Я начал писать работу. Резюмирую результаты нашей работы за последние восемь лет. Затем снова нужно много сделать для экспедиции.

Я часто, дорогая, думаю о тебе. Ты хорошо сделала, что решила поехать в Крым.

Ну, пока прощай, милая детка. Пишу тебе насуп с телеграфа. Надо собираться. Целую тебя, милая, родная.

Твой НВ.

### 6/VI/23. Петроград

Моя милая, родная Ленушенька.

За суматохой, сборами в Афганистан, проведением эксперимента, на что пошло много усилий,

пришлось форсированно овладевать персидским языком и подчинить французский, который принят кое-где на Востоке, я писал тебе урывками и, недовольный письмами, не отсылал их тебе. Доказательства при сем прилагаются.

Экспедиция отложена на неопределенный срок, и принимаюсь за выставку, лекции и все остальное. Посев начался только сегодня. Стоят еще холода. Запоздали с посевом на целый месяц.

8/VI. Завален корректурами. Только кончил свою статью. Теперь идет в набор твоя, потом Орловская<sup>1</sup>. Идет все медленно. Начал снова лекции. В общем, немного экспедиция выбила из колеи и, сорвавшись, нес скоро наладишься.

Напиши мне, когда твои пшеницы. Я думал, были 21 мая. Я послал тебе «Атлантиду». Тебе она понравится, надеюсь.

Через две недели начинаю свое путешествие, сначала в Москву, Саратов, Воронеж, Новгород, Северодвинск, Крым, может быть, в Туркестан.

Здесь все идет хорошо. Довольно медленно. Но, тем не менее, я свободен для станций.

Довольно трудная ситуация, главным образом финансовая, необходимо быть политиком.

Мне часто хочется, чтобы ты была со мной, дорогая. Не осуждай меня (ассисе), я пишу так редко. Это не означает, что я не думаю о тебе. Здесь окружающее бытие каждый раз с утра до ночи достаточно трудное, чтобы делать что-то тогда, когда тебе хочется.

Готовь себя, дорогая, для генетической работы. Есть ли у тебя новое издание Баура<sup>2</sup>, если нет, я тебе вышлю. На будущий год мы повернемся к генетической филогении. Но прежде всего тебе необходимо написать работу по изменчивости у бобовых. Я начал готовить систематику ячменя. И, очень возможно, этой осенью я серьезно напишу книгу о селекции растений.

Пиши, дорогая, хотя бы официально. Письма, адресованные в Бюро для меня вскрываются Шаллерт<sup>3</sup>. Но ты можешь писать.

В Царском много студентов и школа начинается. Будет то, что должно быть.

Для выставки мы пока сделали очень-очень мало. Как с *Tr. топососсит*? Что найдено нового? Найди что-нибудь новое для бобовых.

На этой неделе я вышлю тебе книгу по сое. Читайте ее с Галей. Я целую тебя много-много раз.

Твой N.

1/VII/23. Петроград

Мой милый, дорогой друг.

Через несколько дней я надеюсь начать мою поездку на юг. Очень много надо сделать с подготовкой к экспедиции, с публикацией нашего Бюллетеня, так что я даже не могу решить определенно, когда буду в Крыму.

Только что закончил вторую правку своей статьи и читаю твою. Этой ночью должен закончить подготовку статьи Орлова.

Здесь отвратительно плохая погода. Дожди каждый день. Наши поля — как болота. Мы потратили миллионы на мелиорацию, но это серьезно не помогло. Я никогда не видел таких условий культивирования. На Севере поля очень плохи (бедны).

Сегодня впервые мы провели целый день за систематикой ячменя. Я написал новый ключ для 98 разновидностей. Это еще не совершенно, но стараемся. Я буду рад, когда ты напишешь ключ для *Vicia sativa*<sup>4</sup>.

Здесь много политики, администрирования, как обычно. Мы сделали некоторый прогресс, я не могу отрицать, хотя, как ты знаешь, я довольно скептическая персона на этот счет.

Мы приняли участие в организации экспедиции Козлова<sup>5</sup> на Тибет. Мы, как ты знаешь, достаточно сумасшедшие до экспедиций — Восток, Азия.

Итак, дорогая, ты вполне хорошо представляешь нашу жизнь. Мне всегда все кажется очень медленным. Все не решено, многие люди все еще не на надлежащем месте.

Здесь, конечно, много новостей для тебя. Мельница Константина Матвеевича<sup>6</sup> будет запущена через несколько дней. Я очень рад.

Букасов<sup>7</sup> женился на Шариной, у Гали Михайловны Поповой<sup>8</sup> — дочь Вероника. Анастасия Петровна<sup>9</sup> не вполне здорова. Пошлю ее в Воронеж. Валентин Викторович Таланов<sup>10</sup> уехал в Москву. Этому я тоже рад.

Получил много писем из-за рубежа. В отношении «Закона» все хорошо. На него детально ссылаются в десятках статей. Он понравился даже французам. В последнем номере *Revue de botanique applique*<sup>11</sup> большая статья о нем.

Я надеюсь, наша нынешняя работа по систематике будет тоже полезна. Я чувствую, мы растем, медленно, к сожалению, но все же.

Как ты знаешь, несмотря на занятость, множество людей, я одинок. Ты мой единственный

<sup>1</sup> Имеется в виду Орлов А.А. — агроном-полевод, впоследствии директор Кубанского отделения ВИПБиНК.

<sup>2</sup> Баур Э. (1875—1933) — немецкий генетик. По-видимому, речь идет о работе «Введение в экспериментальное изучение наследственности» (СПб., 1913), вышедшее в 1919 г. в Германии на немецком языке.

<sup>3</sup> Сестры Шаллерт Н.М. и Е.М. — секретари-стенографистки Н.И.Вавилова.

<sup>4</sup> Вика посевная.

<sup>5</sup> Козлов П.К. (1863—1935) — исследователь Центральной Азии, в 1923—1926 гг. возглавил Монголо-Тибетскую экспедицию.

<sup>6</sup> Чинго-Чингас К.М. (1884—1939) — в те годы заведующий мукомольно-хлебопекарной лабораторией.

<sup>7</sup> Букасов С.М. (1891—1983) — ботаник и селекционер, всю жизнь работавший в ВИР.

<sup>8</sup> Попова Г.М. (1896—?) — до 1921 г. работала сотрудницей Саратовского отделения.

<sup>9</sup> Не удалось установить.

<sup>10</sup> Таланов В.В. (1871—1936) — селекционер-семеновод, впоследствии организатор Госсортосети.

<sup>11</sup> Журнал прикладной ботаники (фр.).



самый близкий друг, которого я имею. Как и прежде, я жду. Я часто думаю о тебе, дорогая моя, милая. Я целую тебя много-много раз и надеюсь увидеть тебя очень скоро.

Будь спокойна, дорогая, я с тобой, будь мужественной. Жизнь такая трудная. Нелегко иметь все, что хочешь. Очень много препятствий на пути. Постараемся идти нашей дорогой.

Галя очень молода и, конечно, я понимаю ее. Она должна учиться, закончить университет, если ей нравится художественная школа, я не возражаю. Конечно, от этого не много помощи нашему общему делу, но пусть люди будут тем, кем они хотят быть.

До свидания, моя дорогая, целую тебя.

Твой Н.

### 25/VII/23. (Воронеж)

Только что приехал в Каменную Степь. Отсюда в Киев. Оттуда, если выйдет со временем, до Выставки к Вам.

Привет, тебе всего лучшего.

Н.Вавилов.

### 6/VIII/23. Киев

Моя дорогая девочка.

Пишу тебе из Киева, где я был на конгрессе селекционеров по сахарной свекле. Перед этим, как ты знаешь, я посетил нашу станцию в Каменной степи. В Киеве я должен был дать эссе на тему: «Ботанико-географическая основа селекции растений». Все вместе это было не очень интересно, поскольку я очень мало узнал от местных селекционеров.

Сегодня мы собираемся с Якушкиной<sup>1</sup> и Сазановым, директором Полтавской станции, посмотреть станции для селекции сахарной свеклы. И через 5-6 дней я надеюсь быть в Харькове и Полтаве. Из Харькова, очень вероятно, будет необходимо ехать в Москву организовывать нашу выставку в Москве.

Я до сих пор надеюсь приехать в Крым и в Асканию-Нова в конце августа или начале сентября. Мы должны выбрать нашу южную точку. Воронеж не подходит для ячменей и пшеницы. Я поеду посмотреть условия Екатеринодара. Может быть, для пшеницы и ячменя будет лучше иметь нашу станцию *with Bagdad*<sup>2</sup>.

Напиши, пожалуйста, в Петроград, когда наши эксперименты закончатся. Если ты будешь готова до 1 сентября, не жди меня. Хотя я хотел бы видеть тебя там, но лучше для тебя быть раньше в Петрограде и в Москве на выставке.

Твои таблицы по чечевиче и вики мы ожидаем к сентябрю. Выставка будет практически в середине сентября.

Несколько дней назад я получил образцы чечевичи из Багдада и нашел там голосемянные чечевичи, очень легко освобождающиеся от семенного покрытия. К несчастью, мое путешествие проходит очень поздно, и я буду на юге очень поздно. Мне хочется, дорогая, чтобы я смог поехать с тобой вместе в Асканию-Нова.

Так или иначе, через несколько недель я увижу тебя, моя милая, дорогая. Я целую тебя много-много раз моя возлюбленная. Пиши в Петроград прямо на Бюро или до востребования.

До свидания, дорогая Леночка.

Искренно твой НВ.

### 12/IX/23. Москва

Дорогая Елена Ивановна.

Вы, вероятно, все закончили. Ждем Вас в Москве, где занят экспертизой. Надо непременно Вам пробить хотя бы неделю-полторы в Москве. Вы здесь можете мне собрать материал. Кстати, по бобовым его много. К 25 сентября мы немного поправим финансовые дела и отправим и в Крым, и в Москве у нас будут средства. В Москве Вы меня найдете на Выставке в отделе полеводства. Гале Павловне перешлем также все что надо. Пусть не беспокоится.

Наши экспонаты и вообще дела не так плохи, скорее обратно.

Ждем Вас.

Ваш Н.Вавилов.

### 4/I/24. Москва

Моя милая, родная Ленушка.

Прошла неделя в Москве. Отчитал лекции, заставили делать доклад о земледелии в Америке и теперь немного засел за книги. Но их так много, что скоро не осилишь. Спасибо за Танфильева<sup>3</sup>. Его прочитал, книга хорошая, о пределах земледелия в России глава прекрасная.

Сказать тебе о здешних переживаниях коротко трудно. Олег очень хороший мальчик, очень способный и милый. С ним мы большие приятели. Но среди своих редко минуты, когда чувствуешь себя в семье. И когда я бываю в Москве, то обычно внутренне с радостью уезжаю в Петроград. Жизнь груба, тяжела, мало культуры. Семья сестры с парой племянников груба, и мне неприятно ее наблюдать. Лучше всех живет брат. У него есть все, что должно быть в семье: любовь, мягкость, привет, уют и культурность. Олега сильно портят, и мне, право, больно за это, и, в сущности, я чувствую себя бессильным.

Ну, словом, все это не очень весело, а часто грустно, и думать об этом не хочется. Как биолог я знаю, что мир полон дисгармоний. Пишу тебе, милая, потому что ты мне ближе всех. Летом месяца

<sup>1</sup> Якушкина О.В. — растениевод, ассистент кафедры частного земледелия Саратовского сельскохозяйственного института.

<sup>2</sup> Приводим без перевода, по-видимому, в Багдаде.

<sup>3</sup> Возможно, речь идет о книге Г.И.Танфильева (1857—1928) «Очерк географии и истории главнейших культурных растений» (Одесса, 1923).

на полтора возьму Олега в Петроград, если это будет возможно.

Отца пытался возвратить в Россию, но это не просто<sup>1</sup>. Ну, довольно о делах семейных.

На новый год, как и в старом, надо, милая Ленушенька, жить лучшим. Уметь заставить себя останавливаться на лучшем, находить во всем хорошее. Его много, и даже там, где его не ищешь, оно есть.

Будем, следовательно, жить, стараться сделать что можем, будем делать то, что по силам. Будем снисходительны.

Словом, милая, любимая, ты видишь, что не все прямолинейно, просто в личной жизни. Жить внутри себя, в книгах, в поле — лучше, легче.

Ну, об этом довольно.

Танфильев с Мензбир (Тайна великого океана)<sup>2</sup> — увлекли в сторону.

Надо сделать за два года очень много. И этот год должен быть продуктивным. Надо, милая, взять себя в руки, быть молодцом, делать то, что хочется, что нужно и устраивает, так, как хочется.

Будем шагать вперед, будем создавать порядок в хаосе, гармонию в дисгармонии.

Прощай, милая, целую тебя крепко-крепко. Хочу, чтобы ты была молодцом.

Твой НВ.

#### Даты нет, видимо, весна/24. (Петроград)

На бланке:

«Professor N.I.Vavilov

Morskaja, 44

Petrograd. Russia».

Дорогая, милая Леночка.

Я очень сожалею, что не смог увидеть тебя перед отъездом в Москву. Надеюсь, что это будет последнее лето, когда мы врозь. Необходимо покончить с этим. Мы должны быть вместе. Это вполне решено, дорогая. Это первое, что я хотел сказать тебе. Мои дела еще не вполне решены. Это труднее, чем я ожидал. Неважно. Буду делать что могу.

Будь милая, осторожна, мужественна. Я люблю тебя, милая. Я целую тебя тысячу раз, дорогая. Напиши, пожалуйста, мне в Петроград: до востребования, Главпочтамт.

Я напишу тебе.

До свидания, самая дорогая. Твой.

#### 25/IV/24. Петроград

Моя дорогая, милая девочка.

Завтра праздник<sup>3</sup>. Я целую тебя много-много раз. Я с тобой, дорогая. Я хотел бы быть с тобой,

милая. Как ты? Пиши, пожалуйста, сейчас в Ташкент. Я надеюсь отправиться 5 мая в Ташкент из Москвы.

Наши дела идут все тем же путем. Новостей относительно Афганистана нет. Все то же самое. Я предложил маршрут для Ташкента, который было бы возможно осуществить вместо Афганистана.

Но тем не менее я войду в Афганистан. По-стараясь.

#### 30/IV/24. Москва

Первый день Пасхи. Я был в Москве. Ничего особенно нового. Сегодня я возвращаюсь в Петроград, где я буду 3–4 дня. И 6–7 мая мы отправимся в Туркестан. Послезавтра я вышлю новую статью Фрувирта<sup>4</sup> по чечевице. Он предполагает, что идет гибридизация между чечевицами и виками. Читай его статью в *Genetica*. Мне кажется, он ошибается. Но ты должна доказать это очень определенно.

Сегодня я получил запрос от Таланова<sup>5</sup>. Он просит 15 копий твоей статьи по пшенице — как руководство для использования на экспериментальных станциях для описания разновидностей. Посмотри, как хорошо закончить работу.

В Бюро все идет более или менее хорошо. Кубань в порядке. Мы получили приглашение открыть там нашу филиальную секцию.

Воронеж<sup>6</sup> очевидно в гораздо лучшем состоянии в этом году, чем в 1923-м. Вполне хорошо с Мурманском<sup>7</sup>. Синская<sup>8</sup> очень хочет поехать на Алтай и т.д.

Много материала приходит из-за границы — результаты писем.

Я не вполне способен делать все, что бы хотел делать. Две недели я должен был писать, готовить счета для моего путешествия за границу. Это была очень большая работа для 11 стран с различными курсами, валютой. К счастью, это окончено. Иногда мне очень хочется посидеть спокойно, писать, забыть все Афганистаны, высокую политику, хлопоты о существовании и работать мирно и оставить хотя бы на год жизньномада.

Пока же давай ездить временами.

До свидания, милая. Не сердись, что пишу так редко. Не потому что я ленив. Но единственное объяснение — я действительно не могу делать все, что должен делать.

Я вспоминаю тебя чаще, чем ты думаешь, дорогая. Я с тобой, милая. Целую тебя много-много раз. Твой искренне. Н.

<sup>1</sup> Вавилов И.И. (1863—1928) в 1918 г. эмигрировал в Болгарию (по-видимому, речь идет о переписке с отцом).

<sup>2</sup> Мензбир М.А. «Тайна Великого океана», 1922.

<sup>3</sup> Имеется в виду Пасха.

<sup>4</sup> Фрувирт К. (Fruwirth K.) — немецкий растениевод, много занимавшийся зернобобовыми культурами.

<sup>5</sup> Таланов В.В. (1871—1936) — селекционер и семеновод.

<sup>6</sup> Степное отделение ОПБ СХУК.

<sup>7</sup> По-видимому, речь идет о Полярной станции ОПБ СХУК, созданной в 1923 г. за Полярным кругом.

<sup>8</sup> Синская Е.Н. (1889—1965) — специалист в области систематики, филогении, экологии, географии культурных растений и их диких родичей.

### 13/V/24. По пути в Ташкент

Вчера, дорогая, я стартовал в Ташкент. 17-го я надеюсь быть в Ташкенте. Я не имею писем ни от тебя, ни от Жуковского. Я не знаю, решена ли экспедиция в Малую Азию. От Левшина<sup>1</sup> я получил письмо, в котором он пишет, что экспедиция отложена. Это так? До сих пор необходимо обследовать Армению. Как Гроссгейм<sup>2</sup>? Когда он собирается в Крым?

Как Малая Азия? Пиши, пожалуйста. Я все еще надеюсь попасть в Афганистан, хотя не все решено.

Пиши, пожалуйста, в Ташкент. Мой адрес на 5 месяцев: Ташкент, почтовый ящик 2, для меня. Если хочешь, можешь писать до востребования. До сих пор я получил только твое письмо в Бюро. Пиши, как ты, дорогая, как твоя работа. Получила ли ты книгу «Генетика» со статьей Fruwirth<sup>3</sup> о гибридах между викой и чечевицей? Я заказал для тебя выписать дикую чечевицу в Персии. Мы получили материал из разных стран. Напиши Федотову<sup>4</sup>, чтобы выслали тебе все.

Пожалуйста, путешествуй, дорогая. Из Ташкента я надеюсь послать тебе деньги, я это организовал в Петрограде. Как твои растения? Что ты посеяла? Помогает ли тебе кто-нибудь? Что за люди? Достаточно ли добрые? Может быть, я напишу Жуковскому. Пожалуйста, собирай материал по льну в различных широтах и по ячменю тоже. На будущий год я надеюсь написать две статьи по этим культурам. Я напишу тебе из Ташкента. Я начинаю думать о написании «Полевых культур России». В голове много планов. Наша работа в Воронеже, Москве (одно слово неразборчиво. — Ред.), Петрограде идет хорошо.

До свидания, милая. Целую тебя много-много раз. Ты все время в моих мыслях, дорогая.

Твой Н.

### 12/VII/24. Ташкент

Сегодня через 2–3 часа решится, ехать или не ехать в Афганистан. Если да, завтра я стартую в Герат. В последний момент я информирую тебя, если поеду в Афганистан.

Твои письма в (слово неразборчиво. — Ред.) получены, дорогая. Ты спрашиваешь, как долго я буду в Афганистане. Я не знаю точно. Возможно, 3 месяца. После этого я хотел бы посмотреть немного Туркестан. Таким образом, в ноябре, если все будет хорошо, я надеюсь вернуться в Ленинград. Может быть, раньше, если будет okazия, я напишу тебе, милая.

Вся эта история стоит столько много времени, энергии и денег, а результаты до сих пор про-

блематичны, я бы предпочел, может быть, не повторять это. И сейчас я сделаю все, чтобы изучить Афганистан.

Пожалуйста, собирай весь Linum<sup>5</sup>, овсы, ячме-ни из разных мест, дорогая. Огромное сожаление о чечевице из Месопотамии. Необходимо достать свежий материал. Может быть одно-два семени смогут прорасти. Я работаю, я собираю столько образцов чечевицы, сколько возможно, для тебя. Я никогда не забываю об этом.

Через одну-две недели Писарев передаст тебе 120 р. из Ленинграда. Напомни ему. Он не всегда точен. Я бы хотел, чтобы ты хотя бы немного увидела Армению.

Я до сих пор занят главным образом организацией формирования настоящего дела и мечтаю когда я окажусь на лошади.

До свидания, милая, я люблю тебя, как прежде, я целую тебя много-много раз, милая. Береги себя, не утомляйся.

Твой Н.

### 13/VII/24

Все визы получены, и сегодня я собираюсь в Герат. Наконец-то. Мы собираемся вместе с гератским генеральным консулом.

Итак, на несколько месяцев до свидания, милая. До свидания, дорогая, милая. Я твой, милая. Я люблю тебя. Я целую тебя, милая.

Возможно писать в Ташкент. Письма через месяц будут отосланы в Кабул. Зайцев<sup>6</sup> передаст их консулу в Ташкенте для Кабула.

До свидания. Твой.

### 27/XII/24. В поезде возле Рязани

Моя милая, дорогая девочка.

Я не буду писать много. Через несколько дней я буду с тобой.

Я получил четыре твоих письма в Ташкенте и был очень рад узнать, что ты удовлетворена своей поездкой на Кавказ.

Я простудился в Самарканде и 4 дня не мог выходить из дома. Сейчас все более или менее нормально.

Я не получал писем в Афганистане (более 5 месяцев) и только сейчас начинаю узнавать, что происходит вокруг.

Очень доволен, что путешествие в Афганистан закончилось. Спать два месяца в пальто, каждый день организовывать караван, присматривать за лошадьми, людьми достаточно утомительно. Эта страна — как многие другие восточные земли. Никому не нравится идти обратно. Мы сделали все, что зависит от нас.

<sup>1</sup> Левшин А.М. — селекционер, физиолог, с 1923 г. работал в Сортоводно-семенном управлении Сахаротреста.

<sup>2</sup> Гроссгейм А.А. (1888—1948) — ботаник, в то время работавший в Тифлисе.

<sup>3</sup> Fruwirth C. A Noteworthy Lentil-Vetch Hybrid. (Germ.) // Genetica. 1923. V.5. P.481—496.

<sup>4</sup> Федотов В.С. — сотрудник ОПБ СХУК.

<sup>5</sup> Род лен.

<sup>6</sup> Зайцев Г.С. (1887—1929) — растениевод, селекционер, в то время директор Капланбекской станции ОПБ СХУК в Узбекистане.



*Я не очень рад, но и не разочарован. Кто-то должен сделать эту авантюру. Несколько моментов были достаточно интересными и довольно приключенческими. Это заняло очень много времени, дорогая, только это сильно огорчает.*

*Я счастлив, я скоро снова увижу тебя. Надеюсь, у тебя все хорошо.*

*Искренне твой Н.*

*Я целую тебя много-много раз, милая.*

### 18/III/25. Киев

Милая Ленуша, вчера прибыли в Киев. Вчера снова докладывал «Происхождение». Аудитория на этот раз была чрезвычайно малоинтересная из Сахаротреста. Но так как я в Киев поехал за финансами, то скрепя сердце старался убедить, что без исследования земного шара Сахаротресту существовать нельзя. Как будто было не так уж и неубедительно.

Благовестали и В.Е.<sup>1</sup>, и Спандинавин (последняя фамилия не вполне разборчиво. — *Ред.*).

Видел Ольгу Вячеславовну<sup>2</sup>. Она стала франтихой (влияние Сахаротреста), по словам знатока в этих делах В.Е., похорошела\*. Живем с Мейстером<sup>3</sup>. Пока тихо и мирно. Но живем на вулкане.

Завтра мой доклад о межвидовой гибридизации. Буду дипломатом, но не могу молчать. С Сапегиным<sup>4</sup> в Харькове вышли баталии.

Был на нашей Украинской станции. Многое понравилось: и хорошие помощники у Кулешова<sup>5</sup>, и им мы довольны. Станция во всех отношениях хороша. Видел две комнаты, которые Н.Н.<sup>6</sup> предлагает отвести для тебя и помощницы. Не сомневаюсь, что будет лучше, чем бывало до сих пор. Станция теперь уже оборудована лучше Степной и бесконечно удобнее в смысле сообщения.

Был у Колкунова<sup>7</sup>; о гибридах пырея с пшеницей пока молчим. Все мои помыслы добыть средств на поездку в Африку. Завтра все решается.

В Киеве зима. Мой костюм совсем не по сезону. Вчера был буран. Снег.

Милая детка, я забыл передать Трост<sup>8</sup>: конец статьи о происхождении изменен для перевода. Не знаю, дома ли он, или в кабинете. Пожалуйста, поищи и передай.

Как ты с корректурами? Нельзя ли разыскать таблиц ячменя и овса? Без них книги нельзя выпустить. Корректуру, что была со мной, всю кончил и переслал.

Выедем 20-го утром на Москву. 21-го в Москве — еще вероятно 22-го; и 23-го, вероятно, с тобой.

Ну как ты, милая, не скучай. Я с тобой. Ты моя без конца.

Твой Н.

### 19/III/25. Киев

Милая Ленуша.

Завтра, слава богу, выедем из Киева. Сегодня еще мой 3-й доклад. Вчера говорил о межвидовых гибридах. Содокладчик Мейстер. Но сошло мирно. Он, кстати, заболел, как все, гриппом.

Души здесь нет, и не только в Сортоводно-семенном управлении Сахаротреста, но и дальше. Колкунов, Вотчал<sup>9</sup> — ходульные фразы, существующие на бумаге учреждения, вроде Научного Института Селекции. Единственная душа работающая — Табенцкий<sup>10</sup>, которого хотели изъять из Киева.

Словом, в худшей аудитории — наполовину из стариков инспекторов по свекловичному семеноводству — я давно не выступал.

Душа Сортоводного управления — А.М.Левшин, с которым я близок. Но он был хорошим физиологом, а теперь администратор, и только. С падшими душами говорить приходилось осторожно, чтобы не навредить чем.

Ну, словом, надо скорее отсюда. И такое самочувствие у всех у нас. Писарев занят чтением романов и тем убивает время. Я или готовлю доклады, или пытаюсь налаживать финансовые дела. Как будто 5000 в советских деньгах дадут, если Москва не откажет.

Итак, завтра в поход, сначала в Москву, чтобы наладить финдела und zurück sofort wie möglich<sup>11</sup>.

Весь город Киев тоже вроде Нар. института селекции.

Посмотри и спроси, милая, о корректуре. Кстати, свою о Грузии.

Пока до свидания, родная. Целую тебя крепко-крепко.

Твой Н.

\* Спросила, едешь ли ты со мной. И у меня мелькала мысль — может быть, вытащить тебя в конце лета, если все будет благополучно. Это может быть и не так невероятно. Самое трудное войти в колонии. Еще не знаю, дадут ли мне во французском посольстве. — *Сноска автора.*

<sup>1</sup> В.Е.Писарев.

<sup>2</sup> Якушкину.

<sup>3</sup> Мейстер Г.К. (1873—1943) — селекционер и генетик, с 1920 г. — директор Саратовской СХОС, заведующий кафедрой генетики и селекции Саратовского СХИ.

<sup>4</sup> Сапегин А.А. (1883—1946) — ботаник, цитолог, директор Одесской СХОС.

<sup>5</sup> Кулешов Н.Н. (1890—1968) — растениевод, агроном, систематик. В 1920—1926 гг. — директор Центральной контрольно-семеноводческой станции НКЗ УССР.

<sup>6</sup> Кулешов.

<sup>7</sup> Колкунов В.В. (1886—1937) — физиолог, анатом растений, селекционер. С 1920 г. профессор Киевского сельхозинститута.

<sup>8</sup> По-видимому, переводчик.

<sup>9</sup> Вотчал А.Е. (1891—1942) — физиолог растений, сотрудник ВИР.

<sup>10</sup> Табенцкий А.А. (1890—1964) — агроном, анатом растений, профессор Киевских СХИ и политехнического института.

<sup>11</sup> Скорее назад, насколько возможно (нем.).

### 9/VIII/25. (Харьков?)

Моя милая, ненаглядная Ленушка.

Сегодня уезжаем в Туркестан. Три дня я пробыл в Харькове. Поездкой я не очень удовлетворен. Отделение пока не удалось открыть. То, что нам предлагали, мы опротестовали. За 2 дня выбрать имение не смогли и предоставили это самим харьковцам. Но веры у нас в то, что они сделают как можно лучше, нет. И надо будет самим еще раз ехать.

Самое трудное — отсутствие пока надежного заведующего Украинским отделением. Делегация с Агроботаники во главе с Марковичем<sup>1</sup> внесла только путаницу и укрепила мораль, что надо внешнюю политику вести самому.

14-го буду в Ташкенте. Там побуду не более 10—12 дней, чтобы вернуться вовремя в Ленинград.

Статьи мои об Афганистане напечатали в журнале «Международная жизнь». Речь на открытии института — в газете «Правда».

Посмотри, милая, чтобы две работы мои о гибридах тыквенных и о персидской пшенице напечатали бы без ошибок.

Занят дипломатическими миссиями подыскания заведующих для ГИОА и земледелия и зоотехнии<sup>2</sup>.

Словом, времени не теряем, но его не хватает, как всегда.

Получил извещение, что Г.А.Левитский<sup>3</sup> переходит к нам. Это большой плюс. И цитология, и анатомия займут подходящее место. От Жуковского известий не имею. Очевидно, к моему большому огорчению, Малоазиатская экспедиция не состоится. И, вижу, твои предостережения имели основания.

Дипломатические миссии наполняют дни, но удовлетворения не дают, и превращаться в коммивояжеров республик желания нет. Посмотрим, как в Туркестане.

Хочется, детка, засесть за книги, за материалы, писание, подытоживание.

Прощай, милая, родная девочка.

Твой НВ.

### 3/VI/26. Подъезжая к Берлину<sup>4</sup>

Моя милая, родная Леночка,

Пишу раньше уговора, потому что ты в моих мыслях. Через два часа я буду в Берлине. К сожалению, придется видеть немецкую культуру и сравнивать ее с нашей. Я так рад, что ты

в прошлом году побывала в Германии. Как прекрасны эти чистые дома с красными крышами. Эти небольшие поля ржи, которые расположены вдоль железной дороги. Как много нам надо работать, чтобы прийти к этому. И в то же время это район зерновых сорных: ржи, овсов.

Вчера в поезде я встретил Frenkfurth<sup>5</sup>. Он наш лучший русский агроном, кто эмигрировал в Германию в 1918 г. Он всегда был одним из взыскательных агрономов. Я был очень рад повидать его. Они очень скептически к нашей критике, я уже прочитал много статей. Русские газеты очень тенденциозны. Но, в общем, стоит посмотреть на себя со стороны.

Как прекрасны те маленькие домики в зелени, дороги с деревьями. Германия усердно работает, и в целом ситуация не так безнадежна, как я думал в России.

Все идет хорошо. Я закончил свои долги: эссе, письма, все послано в Ленинград. Может быть, завтра я буду в Лондоне, стоило бы на день остановиться в Берлине. У меня много знакомых здесь. Но нет времени. Уборка подходит.

К сожалению, я не взял адрес леди для Riga. Пошли потом мне в Париж, и я сделаю это. Я не люблю быть должником. И я хочу сделать это для тебя. Все в будущем будет хорошо.

Сделай это.

Все напоминает мне тебя каждую минуту. Кольцо и наши прекрасные фотографии.

До свидания, милая. Я с тобой дорогая. Я целую тебя бесконечно.

Искренне твой N.

Черт возьми, как культурна Германия. Я ее еще не видел летом. Привет Б.Ко (неразборчиво. — Ред.)

### 8/VII/26. Алжир

Завтра едем в Марокко на две недели, после этого снова в Алжир. Из Алжира в Тунис. Из Туниса очень хотелось бы в Грецию и в Палестину. Очень трудно делать сразу все, собирать материал, посылать его, делать визиты и т.д.

Твой НВ.

### 9/VII/26. Алжир

Сегодня выехал в направлении Марокко. Нашел помощника. Вчера много собрал дикарей. Дикая *Vicia Pliniana (Faba)*<sup>6</sup> всех цветов, *Linum angustifolium*<sup>7</sup>, *Beta maritima*<sup>8</sup>.

Снова надо было ехать с компанией. Один я совершенно не справляюсь.

<sup>1</sup> Маркович В.В. (1865—?) — создатель Сухумского ботанического сада, с 1925 г. — сотрудник ИПБи НК, специалист по субтропическим культурам.

<sup>2</sup> Государственный институт опытной агрономии.

<sup>3</sup> Левитский Г.А. (1878—1942) — цитолог, морфолог растений, генетик. Приехал из Киева и с 1925 по 1942 г. руководил лабораторией цитологии ВИР.

<sup>4</sup> Начало Средиземноморской экспедиции Н.И.Вавилова.

<sup>5</sup> Не удалось установить.

<sup>6</sup> Близкий родич культурных бобов.

<sup>7</sup> Предковый вид культурного льна.

<sup>8</sup> Дикий вид свеклы.

Письма по получении открыто можно направлять по адресу Dr. Boluf. Ministere Agricole Service Botanique Tunis (там буду около 1/VIII).

Твой Н.

### 13/VII/26. Алжир<sup>1</sup>

Пересекаю пространства юго-запада Алжира. Много любопытного. Собрал порядочно материала. Проблема твердой пшеницы здесь иная, чем у нас. Никакой связи с залежной системой. Собрал *Aegilops ovata*, *triunciales*. Пока не нашел *Av. ventricosa*<sup>2</sup>.

К сожалению, здесь мало что осталось от великой арабской культуры. Алжир почти продолжение Франции. И только дикая флора, да и то с поправкой отображает Африку. С трудом отыскиваю туземные культурные сорта. Господство чечевицы.

(Терралглов? — *Ред.*) наконец вчера нашли, и последние, у арабов. Любопытны арабы в их огромных шляпах из альфы (*Stipa tenacissima*)<sup>3</sup> с лицами, запечатлевшими всю мудрость и глупость Востока.

Через 2 дня в Марокко.

Твой Н.В.

### 17/VII/26. Рабат

Рабат (столица Марокко на углу Атлантического океана).

Пересек все Марокко — и пустыни, и степи.

Проехал на автобусе. Нестерпимая жара. Начиная глотать хинин, так как не хочу поддаться марокканской лихорадке.

В центральном Марокко собрал ценный материал. Наконец (слово неразборчиво. — *Ред.*) *Ervum*, *Lens* и *Ervilia*<sup>4</sup> (слово неразборчиво. — *Ред.*) интересный горох. Если окажется возможным, буду возвращаться в Алжир аэропланом.

Твой НВ.

### 29/VII/26. Алжир

На бланке отеля:

«Grand Hotel Regina

27, Boulevard Bugean, Alger»

Моя дорогая.

Вчера я получил твое письмо от 16/VII. Как видишь, письмо дошло вполне хорошо.

Сегодня я уезжаю из Алжира, собираюсь посмотреть Кабул, после Schora (немного его). И затем Тунис. До 12—13/VIII я надеюсь быть в Тунисе.

После я не знаю еще точно, куда направляюсь. Это зависит от пароходов. Я хотел бы поехать прямо в Сирию и Палестину. Но если невозможно, то в Грецию и даже в Италию.

Я телеграфирую из Туниса, каким путем я поеду.

Я поменял компаньона. И сейчас буду путешествовать с dr. Дюсельвером и его ассистентом. Все идет хорошо. 23 посылки с семенами посланы в Ленинград. Ты найдешь много чечевицы.

Пиши в Иерусалим, дорогая. У меня нет другого адреса.

До свидания, милая. Я целую тебя моя дорогая.

Твой N.V.

### 7/VIII/26. Тунис

Хлопочу о визе в Италию. Придется ехать сначала в Италию, хотя это и не входило в мои планы. Если не выйдет с визой, то в Грецию. Пиши теперь в Афины (Athens) Греесе до востребования. В Италии пробуду 2—3 недели.

В Тунисе все идет хорошо. Встретили хорошо и Департамент земледелия завтра устраивает специальную поездку по (одно слово неразборчиво. — *Ред.*).

Твой Н.В.

### 17/VIII/26

На пути в Грецию. На счастье, пароход не качает. Читаю и пишу третий день. Начитался историй. Даже во сне вижу стены Дамаска и переживаю век Перикла. С Авраамом пересекли пустыню Сирийскую.

Завтра в Афинах. Ты теперь, вероятно, в Саратове.

Жду от тебя писем в Палестине.

Как мои посылки в Институт из Алжира? Пришли ли?

Твой Н.В.

### 11/XI/26. Иерусалим

Визу в Италию мне дают. Почему-то сначала требуют взять билет на пароход, ну да все это обычная история. 26/XI скверным пароходом, который будет 6—7 дней трепать, еду в Неаполь, откуда прямо в Рим, чтобы заручиться рекомендациями. А дальше, думаю (в зависимости от срока визы, итальянцы по этой части готовят, вероятно, сокращение ее до минимума), надо объехать всю страну.

Делай все в доме, что находишь необходимым.

Твой Н.

### 16/XI/26. Hotel Ben-Jebuda str. Ierusalem

Моя дорогая.

Я получил твою телеграмму. Если бы это было возможно для меня, я постарался бы найти кого-нибудь в Италии написать письмо для тебя в Министерство иностранных дел. Через два часа я

<sup>1</sup> На лицевой стороне открытки с названием Sur la Place TOUGGOURT приписка: «Оазис в Сахаре, куда должны попасть через 3 недели. Всем привет».

<sup>2</sup> Редкий вид дикого овса.

<sup>3</sup> Вид ковыля, произрастающий в западном Средиземноморье.

<sup>4</sup> Роды бобовых растений.



собираюсь в итальянское консульство в Иерусалиме просить визу для себя. У меня ее еще нет. Вечером напишу тебе снова.

Я предполагаю (если мне дадут итальянскую визу) выехать из Палестины 26 ноября и быть в Риме 3–4 декабря.

Я потерял все надежды попасть в Египет, Судан и Абиссинию. Последнее письмо директора Бюро Пермитса в Каире (кому меня представляли персонально многие) было таким, что министр иностранных дел не пожелал рассмотреть мое обращение. Я потерял много времени и денег, но я не могу изменить позицию египетского правительства.

Я все еще занят поисками возможности попасть в Египет и особенно Абиссинию, как я планировал.

22 ноября я должен получить ответ от некоего журналиста из Египта, кто хочет помочь мне. Если бы я смог побыть в Египте месяц, у тебя было бы время получить итальянскую визу. Ты не можешь представить, дорогая, как трудно русскому все устроить. У меня было около 20 представительских писем в Египет и Судан от самых важных людей, но не помогло.

Итак, попытайся получить итальянскую визу на долгое время. Может быть, удастся использовать ее, даже если приедешь через два месяца.

Из Палестины я не могу ничего сделать. Взаимоотношения Италии и Палестины нехорошие. Даже для палестинца это самое трудное — получить итальянскую визу. Я думаю все время, может быть, виза придет раньше, скажем, через 6 недель, и у тебя будет время.

К несчастью, в Италии я никого персонально не знаю. Только по переписке знаю Munerat<sup>1</sup>, Ausi и Rivera<sup>2</sup>. Когда я познакомлюсь с ними, может быть у меня будет возможность устроить что-нибудь.

Итак, будь спокойной, пытайся добыть итальянскую визу.

Спроси о зарубежном паспорте, когда я напишу (или телеграфирую) тебе.

Я все еще занят здесь в путешествиях. Все еще мне надо 3–4 дня осмотреть некоторые районы. 21 мая лекция о Происхождении.

Я сейчас изучаю Талмуд, (слово неразборчиво. — Ред.), Библию с сельскохозяйственных позиций. И через несколько дней начну писать в Судан, Египет, Абиссинию о семенах.

Я целую тебя, моя самая дорогая. Я всегда с тобой, моя возлюбленная.

Искренне твой Н.В.

20/XII/26. Рим

Дорогая, сегодня я был в нашем посольстве, и они обещали мне помочь тебе с визой.

Я думаю, через 3–4 дня телеграмма будет послана консулу (твою фамилию я дал как Барулина-Вавилова). Так, с итальянской стороны, я надеюсь, все будет решено. Наши люди добры ко мне. Посол — друг Горбунова<sup>3</sup> и т.д.

Я очень сожалею об истории с Академией. Я, как ты знаешь, делаю много. Я не нуждаюсь в титулах. Их у меня более чем достаточно.

И с моей практикой за рубежом это не дает практически ничего.

Запах этой истории очень (слово неразборчиво. — Ред.).

Есть много других кандидатов — более свободных и более подходящих. Я могу вполне удовлетвориться (слово неразборчиво. — Ред.). Это самое лучшее, что я мог бы желать.

Мой адрес для телеграмм: Vavilov, Hotel, Londre via Collina, Rome. Письма идут из Ленинграда в Рим 5–6 [дней].

29/XII/26. Милан

Видел сегодня хоть мельком Леонардо да Винчи «Тайную вечерю», кладбище — музей скульптуры и чудный Миланский собор. Из собора не хотелось уходить. Камень превращен в кружево.

Твой Н.

31/XII/26. Рим

1 час дня.

За несколько минут я получил визу в Эритрею и визу обратно в Италию. Более того, министр колоний дает мне письмо для правительства Эритреи. Все это для въезда в Абиссинию, но все же еще что-то, может быть самое лучшее, — в течение месяца. Я нашел наиболее важные итальянские работы по зерновым, которые я не знаю. Сотни новых ботанических разновидностей описаны для (неразборчиво. — Ред.). Я должен быть там, пока мои глаза могут видеть.

Через 3 дня я уезжаю из Италии, и весной мы будем здесь вместе.

Твой Н.

5/I/27. Марсель

Сейчас мы в Марселе. Море неспокойно. Я чувствую, будет нелегкое путешествие. 12 дней и ночей в лучшем случае. Но сомнений нет, дорогая. Это необходимо сделать. Это логика жизни. Это не удовольствие, дорогая, поверь мне. От поездов, экспрессов и моря (я сделал по меньшей мере 25 000 км) я получил постоянную головную боль. Завтра я напишу тебе больше.

Твой Н.

6/I/27. Марсель

Пишу уже на пароходе. Как видишь, он огромный, «далекого плавания».

<sup>1</sup> Munerati O. — итальянский фитопатолог.

<sup>2</sup> Не удалось установить.

<sup>3</sup> Горбунов Н.П. (1892—1938) — государственный деятель, в то время управляющий делами СНК РСФСР.

Через час пароход должен пойти. Прощай. Сегодня солнце. Я буду писать дневник Италии, за который давно не брался.

Еду на Conte de Lisle.

#### 11/I/27. Суэц

Снова, дорогая, мимо Египта. Когда-нибудь будем и в нем.

Но все-таки эта страна в моих мытарствах стояла мне больше всего.

И то, что они «не ведают, что творят», меня мало утешает.

Вот и Суэцкий канал, а завтра Красное море. Час приближается.

Твой Н.В.

#### 9/VI/27. Мадрид

Пока, дорогая, испанские дела не так хороши. Из 12 человек, которых искал, пока не нашел никого. Больны, уехали и т.д. Россиньяк болен и в санатории, и я один в Мадриде. С языком тоже плохо. Никого пока не встретил, кто бы изъяснялся по-французски.

Надо искать помощника и попомнить услужливого Гайсинского.

Из Египта ответа нет.

Город хорош, но пока все дела не пущены в ход, смотреть нет желания. Надо во что бы то ни стало найти спутника-переводчика.

Твой Н.В.

Как доехала<sup>1</sup>. Пиши в Мадрид.

#### 11/VI/27. Мадрид

Все, дорогая, идет хорошо. Я нашел очень интересные вещи. Только очень мало времени, да и более чем мало денег. Все здесь в 3 раза дороже, чем в Италии.

Как ты, как весь багаж? Довезла ли ты все в сохранности?

Я буду здесь до 28–29 VI и затем, очень вероятно, прямо в Ленинград.

Твой Н.

#### 27/VI/27. Мадрид

Я получил визу в Португалию на 10 дней и завтра стартую в Лиссабон. Из Португалии я вернусь в Испанию заканчивать Север. Все идет более или менее. Различие с испанским языком.

#### 28/VI/27. Мадрид

Сегодня вечером в Лиссабон. На неделю. Затем снова Мадрид и Пиренеи. Оттуда, вероятно (если

дадут транзитную визу), в Париж и nah Vaterland<sup>2</sup>. Baug прислал письмо, хлопчет об Египте. Но не жду от этого ничего.

И, вероятно, в конце июля буду в Ленинграде (числа 22.VII).

Твой Н.

#### 1/VII/27. Португалия, Лиссабон

Здесь я остановился в отеле второго (может быть 3-его) класса. Экономия. Но люди (два слова неразборчиво. — Ред.) позавчера. Я понимаю их страну более чем 40 лет назад.

Моя комната переполнена книгами, семенами, альбомами, которые я получил как подарки. Испанские рекомендации очень помогли. По пути в Мадрид к моему удивлению я увидел приготовленный перевод моего «Происхождения».

До свидания. Твой Н.

#### 7/VII/27. Португалия, Лиссабон<sup>3</sup>

И когда корабли Васко де Гама огибали мыс Африки, в грозе и буре явилось им чудовище и закричало на них: «Куда стремитесь, безумцы? Еще ни один смертный не шел этим путем. Вернитесь, пока не поздно», Васка де Гама направился дальше к Индии.

Мне понравилась эта прекрасная картина. Завтра в Мадрид. В Португалии было значительно лучше, чем я ожидал, и у меня появилось много друзей.

Н.Н.Кулешову напиши, что он просил насчет кукурузы.

Твой Н.

#### 16/VII/27. Пиренеи

Обрабатывал Пиренеи. Добрался до центра *Avena strigosa, brevis*<sup>4</sup>, но хочу новые разновидности. Суть дела почти понял с овсами (в Европе и Африке). Осталась *Triticum spelta*<sup>5</sup>.

Пиши в Пиренеи.

Пока что предполагаю, что буду в Ленинграде 3–5/VIII. От Baug'a ответа нет, и вообще он немец хитрый. С нами он очень хочет дружить, но с задними мыслями.

В Испании мне осточертели обеды в 10 блюд и убийство времени впустую. Больших лодырей на свете не видел, как здешнюю «профессуру».

Я никогда еще так много не ел, как в Испании. И ничего не поделаешь, необходимость. «Обижаются».

Но в общем скоро всему конец.

Твой Н.

<sup>1</sup> Елена Ивановна приезжала в мае в Италию, где они вместе провели три недели.

<sup>2</sup> На родину (нем.).

<sup>3</sup> Письмо написано на открытке, на лицевой стороне которой — изразцы из знаменитого отеля Буссако, изображающие описанный сюжет. На оборотной стороне, под текстом Вавилова, отрывок из поэмы Луиса Камозэнса «Лузиады», в которой великий португальский поэт восславляет все выдающиеся исторические события и происшествия, составляющие славу португальцев, в частности открытие Васко да Гамы.

<sup>4</sup> Виды овса.

<sup>5</sup> Пшеница полба.

### 23/VII/27. Сантандер

Милая Ленуша. Заканчиваю Пиренеи. Сейчас направляюсь в пещеры палеолитического человека. 26–27 VII буду в Париже.

В Пиренеях видел культуру *Triticum spelta* и, таким образом, теперь видел в натуре мировую культуру всех видов пшеницы. Суть *spelta* еще не понял, но факты пошли и по ней. Вообще Пиренеи любопытны.

Дела мои идут неплохо. Надоела только «секретная» полиция, которая по пятам следует за мной.

В Париже 4–5 дней. Затем Берлин 3 дня. Хотел бы написать хоть схему доклада в Берлине и доклад об экспедиции. Я тебе телеграфирую, когда приблизительно приеду. Отправил до 50 ящиков из Иберии (Пиренейский полуостров).

Ну а как ты, *дорогая*, давно не имел от тебя писем. Почта ждет в Париже.

*До свидания, милая. Я целую тебя много раз.*

*Твой Н.В.*

### 27/VII/27. Пиренеи<sup>1</sup>

Милая, родная Ленуша.

Сегодня был в Сикстинской капелле каменного века<sup>2</sup>. Она еще лучше Ватиканской. Сначала она, а потом Ватикан.

В огромной пещере со сталактитами на потолке художник 20 тысячелетий до Микель Анжело с рельефом, взятым от неровностей пещерного потолка, создал потолок лучше Сикстинской капеллы.

Тоже надо было лежать на земле, тоже лежал, чтобы видеть лучше картины.

А тут же орудия каменного века, раковины моллюсков, которые ел троглодит. А у пещеры выросли дикого льна *Linum angustifolium*.

План пока все тот же: 26–27-го Париж, в нем 4–5 дней, в Берлине 1–2, и Ленинград.

Если будут изменения, телеграфирую.

Целую тебя, моя родная, милая.

Н.

<sup>1</sup> Письмо на открытке с видом на г. Ассизи — церковь и монастырь Санта-Кьяра.

<sup>2</sup> Пещера Альгамира с палеолитическими полихромными наскальными рисунками недалеко от Сантандера.

### Основные источники, в которых ранее были опубликованы другие письма Н.И.Вавилова к Е.И.Барулиной

1. Бальдыш Г.М., Панизовская Г.И. Николай Вавилов в Петербурге—Петрограде—Ленинграде. Л., 1987.
2. Вавилов Н.И. Письма Е.И.Барулиной // Наука и жизнь. 1969. №9.
3. Вавилов Ю.Н. В долгом поиске. Книга о братьях Николае и Сергее Вавиловых. М., 2004.
4. Вавилов Ю.Н. В долгом поиске. Книга о братьях Николае и Сергее Вавиловых. Изд. второе, дополненное и переработанное. М., 2008.
5. Вишнякова М.А. «Милая и прекрасная Леночка...». Елена Барулина — жена и соратница Николая Вавилова. СПб., 2007.
6. Вишнякова М.А. Святая святых души // Природа. 2007. №11. С.75—82.
7. Вишнякова М.А., Вавилов Ю.Н. «Ты была лучшей из всех, кого я видел...» // Природа, 2009. №11. С.58—71.
8. Н.И.Вавилов. Документы. Фотографии / Сост. Н.Я.Московиченко, Ю.А.Пятницкий, Г.А.Савина. СПб., 1995.
9. Поповский М.А. Надо спешить! М., 1968.
10. Резник С. Николай Вавилов. (Серия «Жизнь замечательных людей»). М., 1968.
11. Сеятели и хранители. М., 1992. Кн.2. С.429—430.



# Сатурн: атмосфера, ионосфера, магнитосфера

Д.З.Вибе,  
доктор физико-математических наук  
Институт астрономии РАН  
Москва

Межпланетный зонд «Cassini», находящийся в системе Сатурна с 30 июня 2004 г., передал на Землю немало информации о самой планете и ее окрестностях. Итоги исследований атмосферы, ионосферы и магнитосферы Сатурна на момент окончания основной части экспедиции «Cassini», подведены в публикации американских планетологов из Университета штата Мичиган в Анн-Арборе и Калифорнийского технологического института в Пасадене\*. Авторы затрагивают три основных вопроса: какова скорость вращения атмосферы Сатурна, какие физические процессы связывают его ионосферу и магнитосферу и каков источник магнитосферной плазмы.

## Атмосфера

*Ветер и вращение планеты.* Сатурн — единственная планета, на которой до сих пор не удалось определить скорость ветра. Как планета-гигант Сатурн не имеет четко выраженной поверхности, поэтому скорость ветра должна измеряться относительно скорости более глубоко лежащих слоев. В принципе, нет ничего сложного в том, чтобы определить «абсолютную» скорость движения газа в верхних слоях Сатурна. Облачные образования движутся с запада на восток, совершая полный

оборот вокруг планеты примерно за 10 ч 10 мин — 10 ч 40 мин. При этом каждый широтный пояс характеризуется собственным периодом вращения, т.е. на разных широтах скорости ветра различаются. Такие измерения можно привести к единому уровню давления, скажем к 100 мбар, и принять полученную оценку за скорость вращения внутренних областей Сатурна. Несколько разных оценок, полученных подобным способом, дают для периода суточного вращения Сатурна величину от 10 ч 32 мин до 10 ч 34 мин [1]. Вопрос в том, насколько допустимо использовать наблюдения атмосферы для оценки скорости вращения внутренних частей планеты. Этот метод хорошо работает на Юпитере, где скорость вращения внутренних слоев известна по измерениям скорости вращения магнитосферы, однако это не означает, что он применим к другим планетам (например, на Венере скорости вращения облачного слоя и твердого тела планеты различаются кардинально). Так что вопрос о продолжительности суток на Сатурне и, соответственно, о скорости ветра остается открытым.

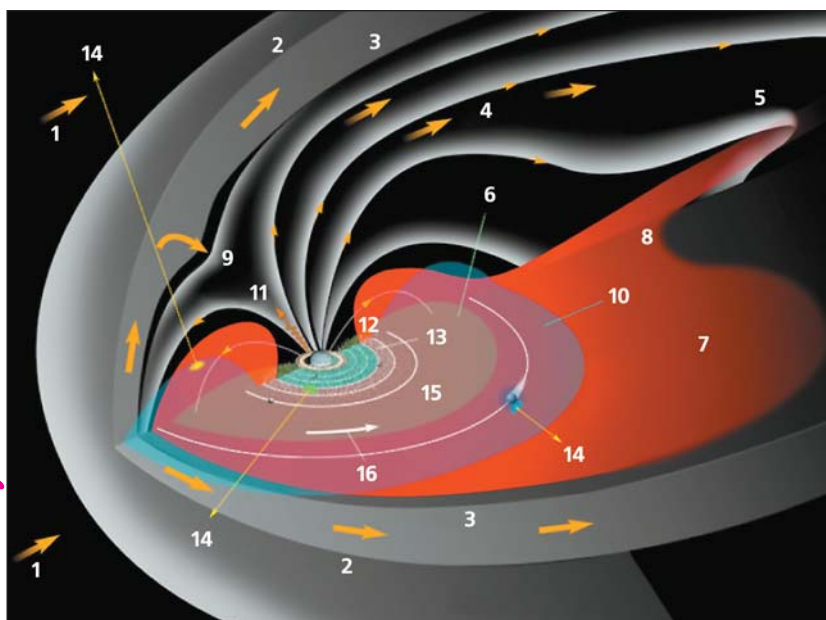
Еще одна загадка, которую пока тоже не удалось решить — дифференциальное вращение атмосферы Сатурна. Наблюдения с космических зондов «Voyager», а теперь и «Cassini» показывают, что вне экваториального пояса ветры на Сатурне по сравнению с Землей поразительно постоянны. На экваторе

же их скорость колеблется с амплитудой примерно 200 м/с, что на порядок больше изменчивости подобных струйных течений на Земле. По данным «Cassini», в экваториальной зоне скорость течений увеличивается с глубиной от 265 м/с в тропосфере до 365 м/с в слоях, лежащих на 140 км ниже. Интересно, что оба значения существенно уступают скорости экваториальных течений, измеренной 25 лет назад с зонда «Voyager» (475 м/с). До сих пор неясно, произошло ли за это время некоторое замедление потоков или же аппаратура «Cassini» смогла «дотянуться» до еще больших глубин.

*Полярный вихрь и шести-гранник.* На южном полюсе Сатурна непосредственно перед прибытием «Cassini» было обнаружено с помощью телескопа «Кеск» «горячее пятно». Аппаратура «Cassini» позволила установить, что на 88—89° ю.ш. существует сильное струйное течение, распространяющееся в восточном направлении. Это циклонический вихрь с пониженной облачностью и повышенной температурой в центре. Стена облаков в этом вихре возвышается на 50—70 км над облаками непосредственно на полюсе. Вращение по часовой стрелке, высокая температура в центре, кольцо облаков на периферии, окружающее центральный «глаз», — все эти черты присущи и тропическим циклонам в Южном полушарии Земли. Однако облака, опоясывающие циклон на Сатурне, в четыре раза тол-

\* Gombosi T.I., Ingersoll A.P. // Science. 2010. V.327. P.1476—1479.

© Вибе Д.З., 2010



Магнитосфера Сатурна: 1 — солнечный ветер, 2 — ударная волна, 3 — магнитопауза, 4 — полярный ветер, 5 — плазменный слой, 6 — нейтральные компоненты из спутников и кольца, 7 — горячая плазма, 8 — искривленный асимметричный магнитодиск, 9 — касп, 10 — нейтральный тор Титана, 11 — километровое радиоизлучение, 12 — кольцевая ионосфера, 13 — пыль, 14 — энергичные нейтральные атомы, 15 — кольцевой ток на соединениях группы воды, 16 — кольцевой ток.

ще, чем на Земле. Кроме того, «глаз» циклона на Сатурне имеет диаметр 2000 км, что в 20–40 раз больше, чем у земных ураганов. Еще одно отличие состоит в том, что на Сатурне структура циклонического вихря зафиксирована на южном полюсе и существует без океана. Долгоживущих антициклонических овальных структур, вроде юпитерианского Большого красного пятна, на Сатурне нет.

Неожиданным оказалось наличие подобного же теплого циклона и на северном полюсе Сатурна, также на широтах от 88 до 89°. Сейчас на севере Сатурна зима и полярная ночь, поэтому странно видеть там такую климатическую активность. К югу от северного циклона, на 75°с.ш., находится еще одно струйное течение, имеющее форму шестигранника. Эта облачная структура была обнаружена в 1980 г. зондом «Voyager» и с тех пор сохранилась в относительной неизменности. В ней небольшие

облака движутся против часовой стрелки по внешней границе шестигранника со скоростью около 100 м/с. Вероятно, эта шестиугольная конфигурация представляет собой стоячую волну, которая на данной широте укладывается вокруг планеты шесть раз. Остается неясным, почему эта волна устойчива и что особенного именно в этом струйном течении, что привело к возникновению в нем стоячей волны.

**Грозы.** Раз в несколько лет на Сатурне отмечается гроза длительностью от нескольких недель до нескольких месяцев. Вспышки молний невозможно увидеть в оптическом диапазоне, поскольку свет, рассеянный кольцами, делает ночную сторону планеты слишком яркой. Но разряды можно «слышать» в коротковолновом радиодиапазоне благодаря установленному на «Cassini» приемнику. Гроза 2004 г., наблюдавшаяся в течение 24 дней [2], породила

три активных центра. Каждый такой центр несколько дней существует в активной фазе, создавая высокие плотные облака, а затем превращается в устойчивое темное пятно, дрейфующее на запад и сохраняющееся несколько недель или дольше. Радиоизлучение гроз на Сатурне в сотни раз интенсивнее излучения земных гроз. Все грозы после 2004 г. происходили в одном и том же струйном течении, направленном на запад, на 35°ю.ш. Мощные экваториальные грозы, иногда опоясывающие всю планету, происходят с интервалами 15–20 лет. Последняя такая гроза наблюдалась в 1990 г.

**Верхняя атмосфера.** Начиная с некоторой высоты в атмосфере Сатурна, как и в атмосфере Земли, происходит диффузионное разделение, при котором каждый газ имеет собственное распределение по высоте. Ниже этого слоя атмосферная турбулентность сохраняет вещество в хорошо перемешанном состоянии. Обычно турбулентность поддерживается разрушением волн, распространяющихся снизу вверх, но источники и механизмы этих волн во многом загадочны.

В верхней атмосфере сначала доминируют тяжелые газы, такие как ацетилен ( $C_2H_2$ ) и метан ( $CH_4$ ), а выше начинают преобладать  $He$ ,  $H_2$  и  $H$ . На Сатурне высота переходного слоя — гомотаузы — сильно варьируется, что заставляет предполагать значительную изменчивость в распространении волн из нижних слоев. Природа такой изменчивости неизвестна. Одна из возможных причин — взаимодействие с магнитосферой через торможение ионов в магнитном поле.

## Ионосфера и полярные сияния

**Ионосфера.** Профили плотности электронов, построенные по данным «Cassini», показывают,

что и средняя плотность электронов, и высота их максимальной плотности возрастают с широтой. По наблюдениям в средних широтах было зафиксировано падение максимальной плотности и возрастание ее высоты от заката до рассвета, что согласуется с наличием молекулярных ионов, распадающихся после восхода Солнца. Значительная изменчивость электронных плотностей на одних и тех же широтах и в одно и то же время суток позволяет предположить, что структуру ионосферы Сатурна определяют динамические и (или) электродинамические процессы. Основной источник ионизации в дневное время — фотоионизация. Время жизни ионов снижается из-за присутствия воды, поступающей из колец и ледяных лун.

Непосредственно с помощью инфракрасной спектроскопии наблюдались лишь ионы  $\text{H}_3^+$  по трем сильным эмиссионным линиям вблизи 3.67 мкм. Вообще, в ионосфере Сатурна, как и в межзвездной среде, преобладают ионы  $\text{H}^+$  и  $\text{H}_3^+$ . Ион  $\text{H}_2^+$  существенно менее распространен, так как он быстро превращается в  $\text{H}_3^+$ . Эффективная диссоциативная рекомбинация  $\text{H}_3^+$  приводит к тому, что его концентрация сильно меняется в течение суток с минимумом непосредственно перед рассветом.

По измерениям вариаций в проходимости радиоволн и с помощью теоретических моделей был построен температурный профиль ионосферы. Вычисления дают диапазон температур плазмы от 1500 до 3000 К и максимальную плотность ионосферы порядка  $10^4 \text{ см}^{-3}$ . Скорость истечения плазмы из ионосферы на высоких широтах в магнитосферу оценивается в 1 кг/с, что несколько ниже, чем приток плазмы в магнитосферу из колец, но выше, чем приток плазмы, связанной с Титаном.

**Полярные сияния.** Как и на Земле, полярные сияния на Сатурне вызываются выпадением

на планету частиц высоких энергий. Ультрафиолетовое излучение полярных сияний порождается неравновесно возбужденными атомами и молекулами, а инфракрасное излучение исходит от нагретой атмосферы и по существу является тепловым излучением. Внешнее яркое полярное кольцо наблюдалось и с Земли, но полярные сияния вблизи полярной шапки не были замечены до экспедиции «Cassini». Авроральная эмиссия рождается на сотни километров выше облаков, наблюдаемых на длине волны 5 мкм. Главный овал полярного сияния нередко бывает неполон, образуя незамкнутую спираль. Часто перед рассветом наблюдаются яркие дуги, вращающиеся со скоростью, в несколько раз меньшей скорости вращения магнитосферы; яркие пятна на дугах движутся после полудня по направлению к полюсам. Отдельные области сжимаются солнечным ветром, и вызванные этим возмущения приводят к расширению основного овала к полюсам, особенно на стороне восхода. Баланс между влиянием солнечного ветра и вращением планеты все еще изучается.

## Магнитосфера

*Собственное магнитное поле и периодичности.* Внутреннее магнитное поле Сатурна генерируется в электропроводящей области, которая простирается от поверхности вглубь планеты, начиная примерно с одной трети ее радиуса. У большинства планет, включая Землю и Юпитер, оси магнитного поля и вращения планеты отличаются достаточно заметно, благодаря чему на основании периодических явлений в магнитосфере можно получить информацию о вращении планеты. На Сатурне этот способ не срабатывает, поскольку ось его магнитного поля почти параллельна оси вращения [3]. В частности, для определения скорости су-

точного вращения Сатурна использовались периодические вариации километровой радиоизлучения планеты. В 1980—1981 гг. период этих вариаций измерялся с помощью зонда «Voyager», и тогда для него было найдено значение 10 ч 39 мин 24 с. Это меньше, чем период обращения большей части видимой атмосферы, но в целом попадает в атмосферный диапазон, так что данную величину приняли за период вращения внутренних областей планеты. Однако с помощью «Cassini» выяснилось, что период вариаций километровых радиоволн меняется. Но поскольку скорость вращения Сатурна не может меняться за столь короткое время, остается признать, что километровое излучение нельзя считать надежной мерой скорости вращения планеты.

Периодичности, близкие к общему периоду вращения около 10 ч 40 мин, встречаются в магнитосфере Сатурна повсеместно: в частности, давно замечены периодичности в концентрациях заряженных частиц с энергиями выше 20 кэВ; энергичным нейтральным атомам Н и О тоже свойственны модуляции с этой частотой; колебания магнитного поля с периодами, близкими к «периоду вращения» Сатурна, наблюдаются далеко в хвосте магнитосферы. Однако из-за очень точного совпадения магнитной оси с осью вращения происхождение этих модуляций неясно.

*Источники плазмы.* Наблюдения, проведенные во время первого близкого пролета «Cassini» около Энцелада, позволили выявить удивительный факт: этот спутник активно выбрасывает в пространство газ и частицы льда [4]. Доминантным ионом в окрестностях Энцелада является гидроксоний ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ), что неудивительно: поскольку основной выбрасываемый газ — водяной пар, вполне объяснимо и большое содержание родственного иона. Наблюдения затмений звезд в ультра-



фиолетовом диапазоне и подробный анализ концентраций частиц приборами зонда позволили оценить скорость выброса «водяной» плазмы из Энцелада — примерно 300 кг/с.

Энцелад служит источником ионов для кольцевого тока, который опоясывает планету в экваториальной плоскости и генерируется меридиональным дрейфом высокоэнергичных заряженных частиц, захваченных замкнутыми линиями магнитного поля [5]. Кольцевой ток играет важную роль в определении конфигурации магнитного поля; в основном он состоит из ускоренных ионов группы воды, что явно указывает на Энцелад как на главный источник плазмы.

По измерениям «Cassini» в окрестности главных колец Сатурна обнаружен еще один тонкий плазменный слой. Химический состав этой «кольцевой ионосферы» представлен ионами  $O^+$  и  $O_2^+$ , которые, скорее всего, рождаются в результате разрушения ледяных частиц из колец ультрафиолетовыми фотонами с последующей фотоионизацией  $O_2$ .

Зависимость плотности и энергии ионов  $N^+$  от расстояния до планеты указывает, что их источник находится во внутренней магнитосфере. Скорее всего, это тоже Энцелад, что удивительно: до миссии «Cassini» ожидалось, что основным источником ионов  $N^+$  в магнитосфере служит Титан. Наблюдающаяся нехватка азота с Титана, вероятно, связана с неспособностью токовых трубок формировать полные дрейфовые орбиты вокруг Сатурна на большом расстоянии от планеты. Поэтому плазма, эмитируемая Титаном, не может накапливаться в значительных количествах. Так или иначе, нет никаких свидетельств присутствия во внутренней магнитосфере сколь-либо больших количеств плазмы, происходящей от Титана.

*Эволюция магнитосферы.* Известны магнитосферы двух типов: подобные земной и по-

добные юпитерианской. Земная магнитосфера относительно слаба и потому управляется солнечным ветром. Ее циркуляция описывается так называемым «циклом Данги», в ходе которого магнитные силовые линии разрываются на дневной стороне планеты и пересоединяются на ее ночной стороне. Долгое время считалось, что циклами Данги в той или иной степени управляется эволюция магнитных полей всех планет. Однако позже выяснилось, что Юпитер выпадает из этого правила: он представляет собой быстро вращающуюся планету с сильным магнитным полем, поэтому в ее магнитосфере вплоть до расстояний в 100 радиусов Юпитера доминируют внутренние процессы. Спутник Юпитера Ио генерирует плазму глубоко внутри его магнитосферы со скоростью около  $10^3$  кг/с и добавляет значительную массу к магнитным потоковым трубкам. Линии магнитного поля «прикреплены» к ионосфере, вращающейся вместе с планетой, и вытягиваются наружу тяжелой экваториальной плазмой. Система токов усиливается, чтобы уравновесить механические напряжения. Центробежная сила, действующая на плазму, которая выбрасывается с Ио, в несколько раз превышает силу тяжести, и удержать плазму способны лишь магнитные силы. Эта плазма и соответствующие сильно растянутые замкнутые силовые линии образуют так называемый магнитодиск.

Если экваториальное квазидипольное поле не способно обеспечить равновесие магнитных и центробежных сил, то оно все более растягивается. Квазипериодически его силовые линии становятся настолько растянутыми и тонкими, что «рвутся», образуя замкнутую петлю силовых линий с высоким содержанием плазмы, т.е. плазмод, который может свободно перемещаться в направлении хвоста магнитосферы. Укороченные и свободные от плазмы силовые линии возвра-

щаются в процессе пересоединения во внутреннюю магнитосферу. Такой процесс циркуляции плазмы называется циклом Василюнаса.

С помощью зонда «Cassini» планетологи выяснили, что магнитодиск Сатурна имеет форму чаши, края которой загнуты «вверх» — от экватора к северному полюсу эклиптики. В сезон, когда проводились наблюдения, магнитный южный полюс Сатурна был наклонен в сторону Солнца (магнитный диполь Сатурна ориентирован в обратную сторону по сравнению с земным). Это положение отличается и от ситуации на Юпитере, где края магнитодиска загнуты «вниз», и от ситуации на Земле, у которой вообще нет магнитодиска (в земной магнитосфере отсутствуют источники плазмы). Причины такого изгиба все еще обсуждаются.

Сатурн по строению магнитосферы занимает промежуточное положение между Юпитером и Землей. Он быстро вращается, как и Юпитер, но его экваториальное магнитное поле сравнимо по интенсивности с земным. С другой стороны, на орбите Сатурна плотность солнечного ветра на два порядка ниже, чем на орбите Земли, а напряженность межпланетного магнитного поля вдесятеро слабее. У Сатурна есть собственный источник плазмы — Энцелад. В этом отношении система Сатурна похожа на систему Юпитера и отличается от земной, в которой главным источником плазмы служит солнечный ветер. Однако Энцелад как источник плазмы в три раза менее мощен, чем Ио в системе Юпитера. По этим причинам в магнитосфере Сатурна одновременно действуют как цикл Данги, так и цикл Василюнаса.

\* \* \*

В целом результаты миссии «Cassini» существенно расширили наши познания как о самом Сатурне, так и о его окружении (ионосфере, магнитосфере,

кольцах и спутниках). В частности, подтвержден существенный избыток углерода по сравнению с его содержанием на Солнце, что послужит важным аргументом в выборе той или иной модели образования планет-гигантов. Вместе с тем наши познания о внутреннем строении Сатурна все еще остаются весьма ограниченными, включая отсутствие ответа на такой фундаментальный вопрос, как длительность суточного периода планеты.

С зонда «Cassini» были измерены содержания таких соединений (помимо углерода), как фосфин, герман и арсин, по ко-

торым получена информация о вертикальном перемешивании в атмосфере планеты. В более крупном масштабе новые результаты позволили уточнить тепловую структуру атмосферы и характер циркуляции в ней. Выявлены новые компоненты облачного покрова, а также морфологические различия между разными широтами и общая асимметрия полушарий. Во всех этих компонентах наблюдается как сезонная, так и другие виды переменности. Выяснилось, что атмосфера, и особенно тропосфера, существенно более переменны, чем считалось ранее.

Самым же динамичным элементом системы Сатурна оказалась его магнитосфера. Ее размер колеблется под влиянием как солнечного ветра, так и внутреннего давления плазмы. Вариации в параметрах магнитосферы связаны с километровым радиоизлучением, полярными сияниями, ускорением частиц и потерей плазмы в экваториальной плоскости. Решен вопрос об основном источнике плазмы в магнитосфере Сатурна. Однако в ходе этих исследований, естественно, возникли новые вопросы, на которые предстоит ответить в будущем. ■

## Литература

1. Read P.L., Dowling T.E., Schubert G. Saturn's Rotation Period from Its Atmospheric Planetary-Wave Configuration // *Nature*. 2009. V.460. №7255. P.608—610.
2. Fischer G., Kurth W.S., Dyudina U.A. et al. Analysis of a Giant Lightning Storm on Saturn // *Icarus*. 2007. V.190. №2. P.528—544.
3. Sterenborg M.G., Bloxham J. Can Cassini Magnetic Field Measurements Be Used to Find the Rotation Period of Saturn's Interior? // *Geophysical Research Letters*. 2010. V.37. №11. P.L11201.
4. Hansen C.J., Esposito L., Stewart A.I.F. et al. Enceladus' Water Vapor Plume // *Science*. 2006. V.311. №5766. P.1422—1425.
5. Krimigis S.M., Sergis N., Mitchell D.G. et al. A Dynamic, Rotating Ring Current Around Saturn // *Nature*. 2007. V.450. №7172. P.1050—1053.

# Новости науки

## Астрофизика

### Звезда-монстр в недрах Тарантула

Насколько массивными могут быть звезды? Астрономы Европейской южной обсерватории (ESO) утверждают<sup>1</sup>, что среди известных звезд обнаружили самую массивную, которая в 300 раз превосходит наше Солнце по массе и в миллионы раз по мощности излучения. Это могучее светило находится в центре туманности Тарантул, расположенной в ближайшей крупной галактике — Большом Магеллановом Облаке. Хотя расстояние до туманности Тарантул около 165 тыс. св. лет, ее без труда можно заметить в южном созвездии Золотая Рыба даже в простой бинокль — так ярко сияет это огромное облако межзвездного газа, нагретое сотнями тысяч находящихся в нем молодых звезд. Когда-то астрономы принимали весь Тарантул за далекую звезду и занес-

<sup>1</sup> Crowth P. et al. // ESO Science Release (www.eso.org/public/news/eso1030/).

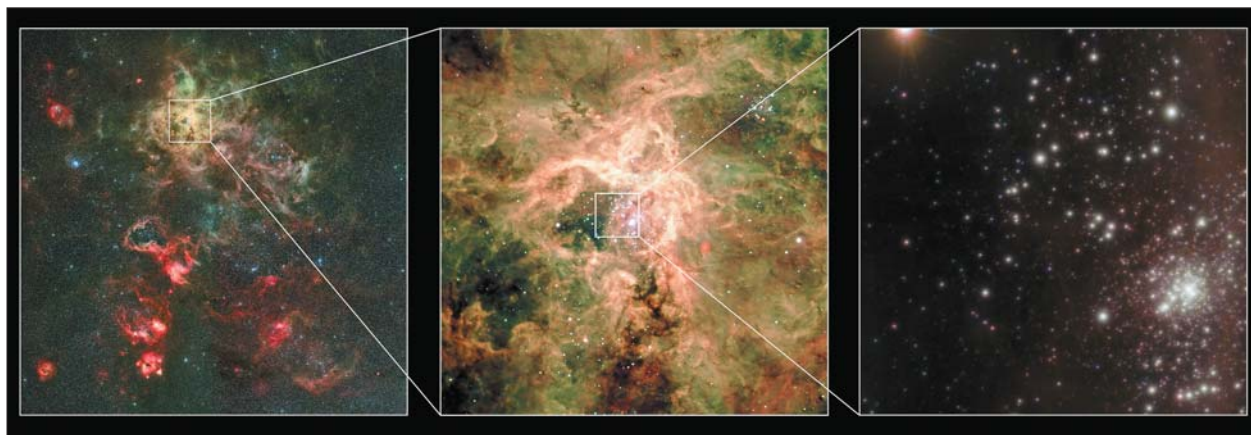
ли ее в каталоги под «звездным» именем 30 Doradus (30 Золотой Рыбы). Позже стало ясно, что это объект незвездной природы, и в соответствующем каталоге его поместили под номером NGC 2070. Ну а прозвище Тарантул туманность получила за выходящие из ее центра яркие газовые волокна, напоминающие ноги паука. И в самом деле, название одного из крупнейших пауков на Земле очень подходит огромной туманности диаметром около 1 тыс. св. лет. Если бы Тарантул располагался на месте туманности Ориона, то занимал бы на земном небосводе полнеба.

Внутри этой гигантской эмиссионной туманности находится очень крупное скопление молодых звезд RMC 136, название которого обычно сокращают до R136. Под этим номером оно занесено в каталог Рэдклифской обсерватории Оксфордского университета, функционировавшей некогда в Претории (ЮАР). Возраст скопления всего 2–3 млн лет, поэтому среди сотни тысяч

его звезд еще сохранилось много массивных и горячих объектов, мощное излучение и сильные газовые потоки («ветры») которых заставляют окружающую туманность сиять в виде огромного паукообразного существа. Еще лет 20 назад астрономы поняли<sup>2</sup>, что в скоплении R136 содержится необычайно много сверхмассивных звезд с массами более 50  $M_{\odot}$ . Такие монстры у астрономов наперечет, при этом они представляют большой интерес и серьезную проблему для теории внутреннего строения звезд.

Как известно, с ростом массы звезды быстро возрастают ее температура и давление излучения изнутри на внешние слои. Согласно теории, это должно приводить к потере устойчивости, возникновению растущих радиальных колебаний и сбросу оболочки звезды. В 1959 г. теоретический предел массы звезды оценивался примерно в 60  $M_{\odot}$ , но это противоречило наблюдениям: из-

<sup>2</sup> Сурдин В.Г. Загадка R136 решена? // Природа. 1994. №1. С.113.



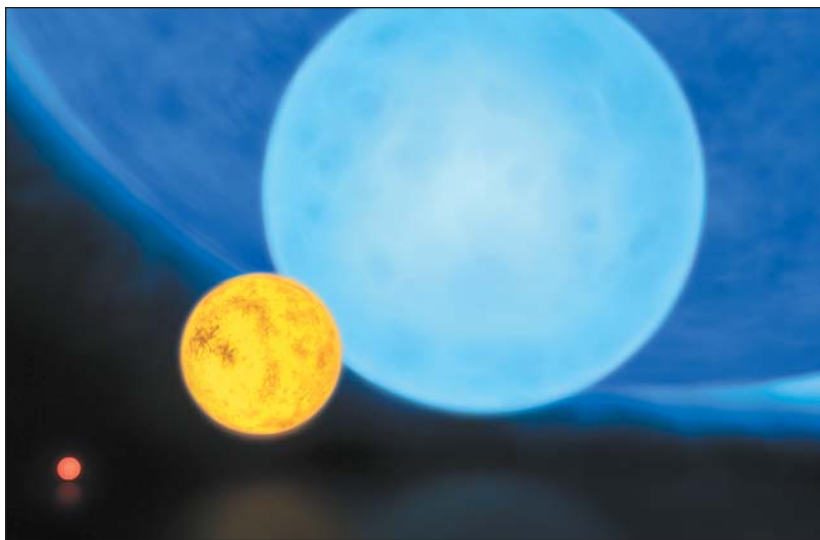
Туманность Тарантул: общий вид (слева) получен на 2.2-метровом телескопе ESO; центральная часть (в середине) сфотографирована космическим телескопом «Hubble», а звездное скопление R136 (внизу справа на правом фото) — в ближнем ИК-диапазоне 8.2-метровым телескопом VLT ESO с системой адаптивной оптики.



вестная с 1922 г. двойная Горячая звезда Пласкетта имеет полную массу около  $150 M_{\odot}$ , а масса ее главного компонента составляет  $80\text{--}90 M_{\odot}$ .

Это расхождение вынудило теоретиков уточнить расчеты. Учет рассеяния энергии колебаний в ударных волнах повысил теоретический порог массы звезды до  $100 M_{\odot}$ . Но изучение некоторых одиночных звезд указывало на то, что могут существовать светила значительно большей массы. Так, переменная звезда-сверхгигант Р Лебедя со светимостью, т.е. мощностью излучения, почти в миллион раз больше солнечной ( $L_{\odot}$ ) должна иметь массу не менее  $80\text{--}100 M_{\odot}$ , чтобы гравитацией удерживаться от почти мгновенного разрушения. Впрочем, свою атмосферу эта звезда теряет в виде звездного ветра с интенсивностью около  $10^{-4} M_{\odot}$  в год, т.е. за миллион лет она все равно лишится большей части своего вещества. Но существуют еще более горячие звезды-сверхгиганты спектрального класса ОЗ со светимостью до  $5 \cdot 10^6 L_{\odot}$  (например, знаменитая звезда  $\eta$  Киля в туманности NGC 3372), массы которых близки к  $200 M_{\odot}$ . А это уже серьезный вызов теории: звезды такой массы должны быть чрезвычайно неустойчивы. С точки зрения теории вызывает трудности не только отсутствие устойчивости у очень массивных звезд на стадии ядерного синтеза, но и сама возможность их формирования из межзвездной газовой-пылевой среды. Поэтому астрономы ищут звезды предельно большой массы, которые могли бы стать пробным камнем для постоянно уточняющейся теории рождения и внутреннего строения звезд.

Еще в 1980-е годы внимание астрономов привлек наиболее яркий объект, расположенный в центре скопления R136 и похожий на одиночную «суперзвезду» со светимостью около  $10^8 L_{\odot}$ . Его обозначили как R136a; при такой светимости масса этого монстра должна быть не менее  $4000 M_{\odot}$ , что с точки зрения теории не лезло ни в какие ворота. И доверие



Относительный размер некоторых звезд (слева направо): самый маломассивный ( $0.1 M_{\odot}$ ) красный карлик; обычный желтый карлик типа Солнца; голубой «карлик» с массой  $8 M_{\odot}$ ; звезда R136a1 с массой около  $300 M_{\odot}$ .

к теории оказалось ненапряженным. Активно взявшись за дело, астрономы-наблюдатели решили проблему: методом наземной спектр-интерферометрии, а затем с помощью орбитального телескопа «Hubble» было показано, что объект R136a — это плотное ядро звездного скопления, содержащее несколько близко расположенных сверхгигантов. До последнего времени трудно было сказать, каковы их истинные массы, но тот факт, что скорость звездного ветра у них достигает  $3500$  км/с, тогда как у обычных О-звезд она не превышает  $1000$  км/с, говорил об очень больших массах этих звезд, возможно, до  $200\text{--}400 M_{\odot}$ .

Теперь эту задачу можно считать решенной. Профессор астрофизики Шеффилдского университета в Англии П.Кроутер (P.Crowther) с коллегами, используя 8-метровый телескоп ESO и ранее полученные данные с телескопа «Hubble», детально изучил спектр наиболее яркого объекта из группы R136a и сравнил его с последними теоретическими моделями сверхмассивных звезд. Согласно выводам астрономов, масса этого объекта (R136a1) сейчас составляет около  $265 M_{\odot}$ , а в момент рождения (пару миллионов лет назад) она была

около  $320 M_{\odot}$ . «В отличие от людей, — шутит Кроутер, — звезды с возрастом худеют». Впрочем, это касается только массы, размер звезды при этом может существенно возрасти. Разумеется, и сегодня звезду R136a1 не назвать маленькой, но она так интенсивно теряет свою массу в форме звездного ветра, что к концу жизни (а он не за горами: через  $1\text{--}2$  млн лет) в ней останется «только» около  $50 M_{\odot}$ .

Всего в скоплении R136 обнаружилось четыре звезды с массами, превышавшими в момент их рождения  $150 M_{\odot}$ . Но именно они обеспечивают половину светимости и мощности звездного ветра, извергаемых остальными  $100$  тысячами звезд этого скопления. Одна только звезда R136a1 с ее светимостью около  $10^7 L_{\odot}$  выделяет энергию в  $50$  раз большую, чем все звездное население туманности Ориона — ближайшей к нам крупной области звездообразования. Все-таки хорошо, что этот монстр находится не в нашей, а в соседней галактике. Ведь конец его жизни ознаменуется взрывом невероятной силы.

© В.Г.Сурдин,  
кандидат физико-математических наук  
Москва

## Планетология

### Луна сжимается?

Такая новость пронеслась по средствам массовой информации в конце августа 2010 г., причем из тональности сообщений можно было сделать вывод, что сжатие Луны имеет катастрофический характер и Земля вот-вот лишится главного украшения ночного неба. Реальность, как водится, оказалась гораздо прозаичнее.

Сейчас считается, что Луна — тектонически мертвое тело. Все масштабные изменения в ее литосфере закончились миллиарды лет назад, по сути сразу после образования, при этом большинство крупных деформаций коры оказалось локализовано в окрестностях лунных морей или внутри них. Структура и расположение этих складок свидетельствуют, что их происхождение связано с продавливанием лунной коры базальтовыми бассейнами. Однако четыре десятилетия назад на Луне были сфотографированы с «Аполлонов» и другие складки — эскарпы длиной в несколько десятков километров и высотой в сотни метров. Подобные детали рельефа, правда существенно большего масштаба, хорошо известны на Меркурии. Предполагается, что там они возникли в результате остывания и «сжигивания» тела планеты. Конечно, что-то подобное должно было происходить и на Луне, и в этом отношении наличие эскарпов удивления не вызывает. Однако надо учесть, что американские лунные экспедиции обследовали с достаточно хорошим разрешением лишь незначительную часть поверхности Луны вблизи экватора, поэтому нельзя было уверенно сказать, что эскарпы — действительно повсеместно встречающаяся форма лунного рельефа.

Убедительные свидетельства их существования были получены лишь недавно с помощью зонда «Lunar Reconnaissance Orbiter». Новые снимки лунной поверхности изучили Т.Уоттерс (Смитсоновский институт, США) и его колле-

ги<sup>1</sup>. Они нашли на них 14 новых эскарпов, разбросанных по всей территории спутника. Таким образом, получено первое доказательство того, что деформации, породившие лунные эскарпы, происходили глобально, как и добавляет деформациям, вызываемым охлаждением и сжатием тела. Но это еще не все.

Изучив взаимное расположение эскарпов и кратеров, Уоттерс с соавторами выяснили, что эскарпы сравнительно молоды. Они нигде не закрыты старыми крупными кратерами, однако в ряде случаев пересекают небольшие кратеры, возраст которых не превышает одного миллиарда лет. Из этого следует, что по крайней мере некоторые эскарпы возникли в относительно недавнем геологическом прошлом Луны. Иными словами, последний миллиард лет она продолжала остывать и сжиматься, причем вполне вероятно, что этот процесс не завершился и поныне. Но, конечно, речь не идет о сколько-нибудь заметном изменении ее размеров. За миллиард лет средний радиус Луны вряд ли изменился больше чем на сотню метров. Для сравнения можно сказать, что на Меркурии эскарпы тянутся на сотни километров при километровой высоте, что говорит о километровом же сокращении радиуса.

Столь незначительное уменьшение лунного радиуса может служить указанием на то, что в изначальном состоянии Луна была расплавлена лишь частично, тогда как большая ее часть оставалась холодной. Сейчас популярна гипотеза, согласно которой Луна образовалась около 4 млрд лет назад в результате столкновения двух протопланет, после чего в ее центре довольно долго сохранялось жидкое ядро, постепенно отвердевавшее. Вероятно, это остывание практически завершилось в последний миллиард лет. Более уверенный ответ на вопрос о начальном состоянии Луны можно будет сде-

<sup>1</sup> Watters Th. et al. // Science. 2010. V.329. №5994. P.936.

лать после дополнительного анализа карт нашего спутника. Авторы работы намереваются также сравнить эти карты со старыми снимками, полученными в ходе выполнения программы «Аполлон», чтобы зафиксировать возможные изменения.

© Д.З.Вибе,  
доктор физико-  
математических наук  
Москва

## Физика

### Нарушение временного неравенства Белла теперь доказано экспериментально

Эйнштейн считал, что макроскопические объекты не подчиняются законам квантовой механики и соотношение неопределенностей к ним не относится. А.Леггет и А.Гарг 25 лет назад предложили способ количественной проверки того, действительно ли макроскопический объект в каждый момент времени пребывает в каком-то одном определенном состоянии или все же находится в суперпозиции нескольких различных состояний. В качестве примера был рассмотрен замкнутый сверхпроводящий контур, направление магнитного потока через который определяется направлением циркулирующего по контуру сверхтока. Авторы показали, что корреляции между результатами последовательных измерений потока (или, в общем случае, — состояния произвольной двухуровневой системы) описываются неравенством (часто называемым временным неравенством Белла), которое должно нарушаться, если временная эволюция системы происходит согласно квантово-механическим, а не классическим законам.

Факт нарушения этого неравенства установлен французскими и американскими физиками, которые использовали иную сверхпроводящую цепь — так называемый транзмон, включающий джозефсоновский контакт и сверхпроводниковый резона-

тор<sup>1</sup>. Существенной составляющей этого эксперимента стало применение методики «слабых» измерений, не разрушающих состояние измеряемой системы. Нарушение упомянутого неравенства было зафиксировано с точностью, превышающей пределы экспериментальной погрешности и не оставляющей сомнений в том, что и макроскопические объекты живут по квантовым правилам.

<http://perst.ispp.ras.ru>  
(2009. Т.17. Вып.11/12).

## Медицина

### Наночастицы повышают эффективность иммунотерапии опухолей

Клинические испытания по использованию Т-лимфоцитов — собственных иммунных клеток пациентов — для лечения опухолей дали обнадеживающие результаты. Однако в организме больного вырабатывается недостаточное количество таких клеток, к тому же их активность низка.

Чтобы преодолеть эти трудности, группа американских ученых из Массачусетского технологического института — Д.Ирвин (D.Irvine) и его коллеги — использовали интерлейкины. Эти вещества вырабатываются самим организмом при иммунном ответе и стимулируют рост и размножение Т-лимфоцитов. Но в больших дозах интерлейкины токсичны. Исследователи сумели, однако, избежать таких побочных эффектов.

Они разработали нанокapsулы — крошечные мешочки из липидной мембраны, которые можно прикрепить к серусодержащим молекулам, в норме встречающимся на поверхности Т-лимфоцитов. Нанокapsулы заполняли интерлейкинами IL-15 и IL-21, а затем мышам с опухолями легких и костного мозга вводили Т-лимфоциты, каждый из которых нес на своей поверхности около 100 нанокapsул. Попадая в опухоли, капсулы

<sup>1</sup> Palacios-Laloi A. et al. // Nature Phys. 2010. V.6. P.442.

постепенно, в течение недели, разрушались, высвобождая интерлейкины. Молекулы интерлейкинов связывались с рецепторами на поверхности тех же клеток, что доставили их в опухоли, стимулируя рост и размножение Т-лимфоцитов.

За 16 сут все опухоли у мышей, получивших Т-лимфоциты с содержащими интерлейкины капсулами, полностью рассосались. Эти мыши были живы вплоть до конца эксперимента, продолжавшегося 100 дней. Животные, не получавшие никакого лечения, погибли в течение 25 дней, а те, которым вводились лишь Т-лимфоциты или Т-лимфоциты в сочетании с инъекциями интерлейкинов, прожили 75 дней.

Ирвин полагает, что разработанная его группой простая процедура изготовления заполненных интерлейкинами нанокapsул и их прикрепления к поверхности Т-лимфоцитов может быть применена для доставки в опухоли и других веществ, например противоопухолевых препаратов. Это позволит резко снизить токсические эффекты химиотерапии злокачественных опухолей.

Nature Medicine. 15 August 2010  
/doi:10.1038/nm.2198 (Великобритания).

## Геохимия

### Геохимия стока Северной Двины

На сегодня имеется очень мало литературных данных об элементном составе стока Северной Двины — самой крупной реки, впадающей в Белое море, которое играет существенную роль в глобальных изменениях природной среды Земли.

Элементный состав речной взвеси и растворенной фазы изучался авторами<sup>2</sup> в устьевой зоне Северной Двины как во время весеннего половодья, когда в Белое море поступает основная часть годового речного стока, так и в пе-

<sup>2</sup> Шевченко В.П. и др. // Доклады АН СССР. 2010. Т.430. №5. С.686—692; Pokrovsky O.S. et al. // Chemical Geology. 2010. V.273. P.136—149.

риод летней межени. Установлено, что значения расхода воды на устьевом створе Северной Двины у пос.Усть-Пинега (в 100 км выше по течению от Архангельска) отличаются значительными межгодовыми и сезонными колебаниями, причем максимум стока приходится на май — первую половину июня. Концентрации микроэлементов во взвешенной (крупнее 0.45 мкм) и растворенной формах (мельче 0.45 мкм, в том числе в ионной, мельче 1 нм, форме) были определены по современным методикам.

Оказалось, что важная особенность речного стока Северной Двины состоит в высокой мобильности малорастворимых микроэлементов, обусловленной преобладанием растворенной формы (суммы органо-минеральных коллоидов и истинных растворов) над взвешенной формой, в то время как для рек мира в среднем характерно преобладание взвешенной формы<sup>3</sup>.

Таким образом, новые данные убедительно показывают, что элементный состав взвеси Северной Двины в мае, в период весеннего половодья, близок к составу верхней части континентальной земной коры, что объясняется активной эрозией горных пород в бассейне водосбора. В августе, в период летней межени, в составе взвеси увеличивается доля биогенных компонентов и уменьшается доля литогенного материала, при этом взвесь существенно обогащается такими химическими элементами, как Cd, Sb, Mn, Zn, Pb, Cu. Значимого антропогенного загрязнения взвеси тяжелыми металлами, а также фракционирования редкоземельных элементов исследованиями не выявлено.

© В.П.Шевченко,  
кандидат геолого-  
минералогических наук  
Москва

© О.С.Покровский,  
кандидат геолого-  
минералогических наук  
Тулуза (Франция)

<sup>3</sup> Гордеев В.В., Лисицын А.П. // Доклады АН СССР. 1978. Т.238. №1. С.225—228.



## Первые находки клена в ископаемых флорах Приморья

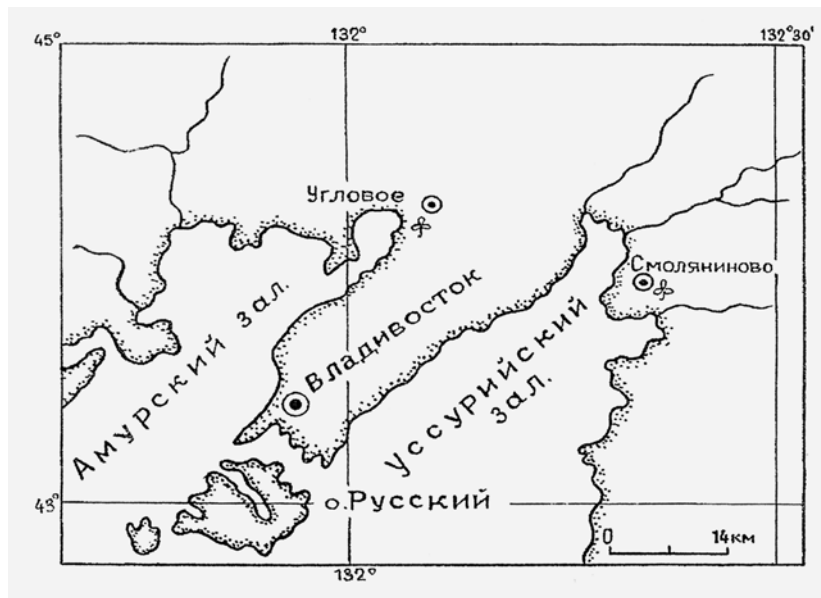
Сведения о вымерших представителях клена (*Acer*) секции *negundo* немногочисленны. Их следы впервые были обнаружены в палеогеновых и неогеновых флорах на североамериканском континенте<sup>1</sup>. По мнению Т. Танаи, представители секции *negundo* попали в Восточную Азию из Северной Америки в конце палеогена.

Исследования, которые проводили А.Г.Аблаев (Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН) и автор этого сообщения (Институт океанологии им.П.П.Ширшова РАН), показали, что отпечатки таких кленов сохранились на самом юге российского Приморья. Они приурочены к терригенным слоям эоценовой (середина палеогена) угленосной свиты, которая расположена на площади двух угленосных разрезов — болотнинского и смоляниновского. Содержащее остатки древней флоры болотнинское местонахождение расположено в долине р.Болотной, у железнодорожной станции Угловое; смоляниновское — в районе Шкотовской впадины, у пос.Смоляниново. На основе описания большого комплекса растительных остатков и спорово-пыльцевых определений эти флороносные слои были отнесены к середине эоцена.

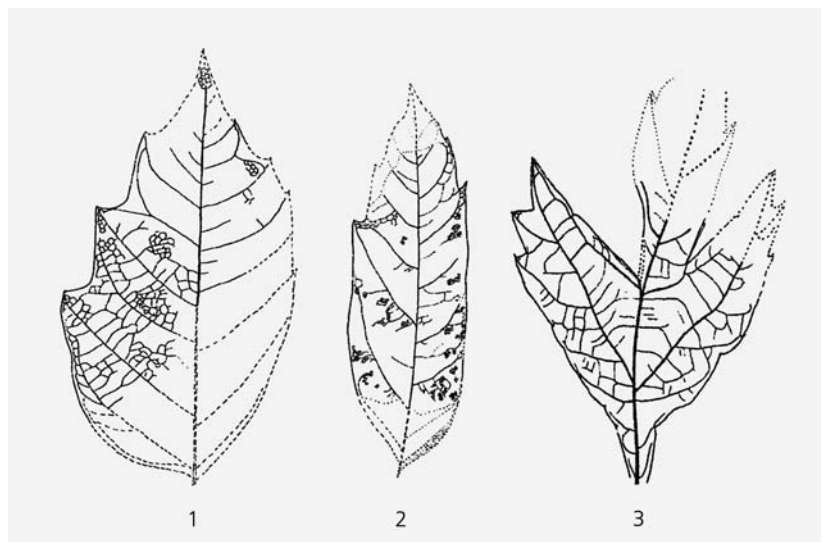
Палеоботанические находки клена секции *negundo* в Приморье ставят под сомнение точку зрения некоторых исследователей, отстаивающих их аллохтонное происхождение на территории Восточной Азии в неогеновое время. На наш взгляд, история их развития на Дальнем Востоке России более длительна; во всяком случае, появление этого вида удастся проследить на более ранних этапах палеогенового периода.

Обнаружение конечного и боковых листочков сложного трех-

<sup>1</sup> Tanai T. // Geol. and Mineral. 1983. V.20. №4. P.291—300.



Расположение болотнинского и смоляниновского местонахождений древней флоры.



Листовые пластинки клена *Acer* sp. секции *negundo*. 1, 2 — латеральные листочки с неравнобоким клиновидным основанием, цельнокрайные в нижней половине пластинки и зубчатые в ее верхней половине (смоляниновское местонахождение флоры); 3 — терминальный листочек непарноперистого листа, трехлопастный, с клиновидным основанием, зубчатый в верхней половине пластинки и цельнокрайный в ее нижней половине (болотнинское местонахождение флоры).

пяти-листочкового непарноперистого листа в составе болотнинской и смоляниновской флор указывает на большое сходство этих растений с широко распространенным в Приморье кленом ясенелистным (или, иначе, американским). В связи с этим территория

Приморья, по нашему мнению, может рассматриваться как область естественного произрастания современного вида *Acer negundo*.

© С.А.Сафарова,

кандидат биологических наук  
Москва

# Шепот диджериду

М.Г.Томилин,

доктор технических наук

Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики

Диджериду — духовой, возможно, древнейший музыкальный инструмент в мире, изобретенный австралийскими аборигенами. Он — свидетель заселения коренными жителями самого большого острова и самого маленького континента на Земле. Его первые обитатели представляли собой самую древнюю и одну из наименее изученных из живущих ныне цивилизаций.

Хотя аборигены не создали письменности, каждое племя отвечает за сохранение мифов и легенд, песен и традиций, при-

надлежащих данной территории, и передачу сведений последующим поколениям. Обычно это происходит у костра под таинственные звуки диджериду, с помощью которого, по преданию, аборигены получают знания от Природы и духов *Эры сновидений*\*. Игра на диджериду — искусство передавать звуки природы: щебетанье птиц, голоса животных, плеск воды, шум ветра.

Название инструменту дали не аборигены, а европейцы, исследователи Австралии. Известно около 45 синонимов дидже-

риду — у каждого племени свое. Все они близки по звучанию: *бамбу, бамбук, самбу, пампу* и т.п., что указывает на его изготовление в далеком прошлом из бамбука. Сейчас диджериду чаще всего делают из полого ствола эвкалипта длиной 1,0—1,5 м, сердцевина которого выедена термитами, а конец обработан черным пчелиным воском. Ствол должен быть абсолютно гладким, без сучков и трещин (нечто подобное делали в далеком прошлом из гигантского кактуса ацтеки и майя). Обычно такая труба раскрашивается натуральными красками и украшается изображениями тотемов племени.

© Томилин М.Г., 2010

\* См.: Томилин М.Г. Дух предков // Природа. 2010. №8. С.93—96.



Диджериду — один из древнейших музыкальных инструментов в мире.





Диджериду — традиционно мужской инструмент.

Диджериду чаще всего используется для аккомпанемента и служит в качестве бурдона (непрерывно звучащего мужского баса), на который наслаиваются поющие голоса. Традиционно это мужской инструмент, но при групповом исполнении песен на нем играют женщины и дети. Низкое длительное звучание инструмента обеспечивается техникой непрерывного, так называемого кольцевого, дыхания, при котором получается бесконечный звук, словно передающий голос предков. Диджериду воспроизводит богатый резонансом звук очень низкой частоты и затейливые ритмические рисунки. Уникальность звучания этого инструмента в том, что оно про-

исходит на одной ноте (основной тон, или дрон). При этом оно обладает огромным диапазоном тембра. Сравниться с ним может только человеческий голос и отчасти орган.

В наши дни интерес к игре на диджериду резко возрос. В арт-галереях, специализирующихся на продаже предметов искусства аборигенов, посетителям предлагают на выбор несколько десятков образцов, дополнительно оснащенных ударными палочками и самоучителем. С диджериду экспериментируют западные музыканты, включая его в состав оркестра. Крупные детские праздники в городах Австралии не обходятся без диджериду. А в зонах массового сосредоточения туристов часто

слышен его заунывный шепот: это группа аборигенов с телами и лицами, разукрашенными белыми красками, сидя на шкурах кенгуру, дает уличные представления прохожим.

Звуки диджериду ни с чем нельзя спутать. Так звучит голос древней и современной Австралии. Он сопровождает исполнение ритуалов и способствует вхождению в транс. В шепоте диджериду, доступном пониманию только посвященных, оживает мифический золотой век *Эры сновидений* — сказочного времени, когда было обилие пищи, воды, всегда стояла хорошая погода и вокруг находились только хорошие друзья.

Если бы Земля могла шептать, это был бы шепот диджериду. ■