

# ПРИРОДА

12 15



Главный редактор  
академик, доктор физико-математических наук **А.Ф.Андреев**

Заместитель главного редактора  
доктор физико-математических наук **А.В.Бялко**

доктор биологических наук **А.С.Апт**, доктор геолого-минералогических наук **А.А.Арискин**, член-корреспондент, доктор физико-математических наук **П.И.Арсеев**, **О.О.Астахова**, доктор биологических наук **Ф.И.Атауллаханов**, член-корреспондент, доктор юридических наук **Ю.М.Батурич**, доктор биологических наук **Д.И.Берман**, доктор биологических наук **П.М.Бородин**, **М.Б.Бурзин**, доктор физико-математических наук **А.Н.Васильев**, член-корреспондент, доктор филологических наук **В.И.Васильев**, кандидат биологических наук **М.Н.Воронцова**, доктор географических наук **А.А.Величко**, доктор физико-математических наук **Д.З.Вибе**, кандидат физико-математических наук, доктор биологических наук **М.С.Гельфанд**, академик, доктор физико-математических наук **С.С.Герштейн**, профессор **А.Глухов (A.Glukhov, США)**, академик, доктор физико-математических наук **Г.С.Голицын**, доктор химических наук **И.С.Дмитриев**, кандидат биологических наук **С.В.Дробышевский**, академик, доктор физико-математических наук **Л.М.Зеленый**, академик, доктор биологических наук **Н.А.Зиновьева**, академик, доктор биологических наук **А.Л.Иванов**, профессор **Т.Йованович (T.Jovanović, Сербия)**, доктор биологических наук **С.Л.Киселев**, кандидат географических наук **Т.С.Клювиткина**, член-корреспондент, доктор физико-математических наук **М.В.Ковальчук**, доктор биологических наук **С.С.Колесников**, **Е.А.Кудряшова**, профессор **Е.Кунин (E.Koonin, США)**, академик, доктор геолого-минералогических наук **Н.П.Лаверов**, доктор геолого-минералогических наук **А.Ю.Ленин**, член-корреспондент, доктор биологических наук **В.В.Малахов**, профессор **Ш.Миталипов (Sh.Mitalipov, США)**, доктор сельскохозяйственных наук **Ю.В.Плутатарь**, доктор физико-математических наук **М.В.Родкин**, академик, доктор биологических наук **Л.В.Розенштраух**, академик, доктор физико-математических наук **А.Ю.Румянцев**, член-корреспондент, доктор биологических наук **Н.И.Санжарова**, доктор физико-математических наук **Д.Д.Соколов**, кандидат физико-математических наук **К.Л.Сорокина**, кандидат исторических наук **М.Ю.Сорокина**, **Н.В.Ульянова**, академик, доктор физико-математических наук **Л.Д.Фаддеев**, академик, доктор биологических наук **М.А.Федонкин**, академик, доктор физико-математических наук **А.Р.Хохлов**, академик, доктор физико-математических наук **А.М.Черепашук**, академик, доктор физико-математических наук **Ф.Л.Черноусько**, член-корреспондент, доктор химических наук **В.П.Шибасев**, **О.И.Шутова**, кандидат биологических наук **А.О.Якименко**, доктор геолого-минералогических наук **А.А.Ярошевский**

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Самка сайгака с детенышем.

См. в номере: **Каренина К.А., Гилёв А.Н.** *Асимметрия социального поведения: левый глаз — правое полушарие.*

Фото авторов

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Скалы у р.Инзер (Южный Урал).

См. в номере: **Исмагилов Р.А., Фархутдинов И.М., Фархутдинов А.М., Фархутдинова Л.М.** *Шарьяжно-надвиговой теории — 50 лет.*

Фото из архива И.М.Фархутдинова



**В НОМЕРЕ:****3 Громов С.П.****Фотоактивные супрамолекулярные устройства и машины**

Среди различных направлений в науке о фотоактивных органических соединениях дизайн, создание и изучение фотоактивных супрамолекулярных устройств и машин привлекают особое внимание, поскольку в дополнение к собственным приложениям они еще и дают новый подход к построению сложных иерархических «умных» материалов.

**10 Каренина К.А., Гилёв А.Н.****Асимметрия социального поведения: левый глаз — правое полушарие**

Вплоть до начала XXI в. считалось, что функциональная асимметрия мозга характерна исключительно для человека и, по-видимому, имеет отношение к высокому уровню развития его интеллекта. Однако результаты исследований доказывают, что это общая черта всех позвоночных животных.

**18 Ильичев В.Г., Дашкевич Л.В.****Гидрохимический режим Азовского моря: компьютерные эксперименты**

После строительства водохранилищ на р.Дон изменился гидрохимический режим Азовского моря и резко снизились его рыбные запасы. Современные компьютерные эксперименты помогают определить причины таких изменений и понять, как в дальнейшем будет развиваться морская экосистема.

**23 Гельфанд М.С.****Геномы и геология**

Сопоставление геномов современных организмов, а также анализ ДНК, выделенной из палеонтологических находок, существенно меняют наши представления о биологической эволюции. Но геномика, оказывается, может успешно взаимодействовать еще и с геологией.

**28 Павлинов И.Я.****Почему мы их так называем: таксономическая теория и номенклатура**

Важную часть профессионального языка биологической систематики составляет таксономическая номенклатура, разработка которой продолжается и сегодня. Понять причины того, почему мы так или иначе называем организм, может помочь знание связи номенклатуры с таксономической теорией.

**36 Пружинская М.В., Лисаков С.М.****Как сверхновые стали основой наблюдательной космологии**

Одно из самых важных соотношений в наблюдательной космологии — между светимостью сверхновых звезд типа Ia в максимуме блеска и скоростью падения блеска после максимума — было найдено независимо двумя астрономами, Б.Растом и Ю.П.Псковским, в 1970-х годах. Спустя 20 лет астроном М.Филлипс пересмотрел его на новом уровне точности и подтвердил выводы Раста и Псковского.

**Наука и общество****44 ПОИСК ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ****Родкин М.В.****Парадокс Ферми в контексте текущей ситуации****Бялко А.В.****Сто лет одиночества? (47)****Времена и люди****50 Исмагилов Р.А., Фархутдинов И.М., Фархутдинов А.М., Фархутдинова Л.М.****Шарьяжно-надвиговой теории — 50 лет****Мартинес А., Федотова А.А.****Алехандро Оглоблин, русский акридолог в Аргентине (60)  
Письма А.А.Оглоблина к Б.П.Уварову (64)****71 Михайлов К.Г.****Арахнологи спорят, ошибаются, шутят****78 Раменский Е.В.****Труд жизни великого биолога  
Взгляд на Н.К.Кольцова из XXI века****Моранж М.****Николай Кольцов и молекулярная биология (79)****83****Новости науки**

Как быстро распознать деформацию материала первой стенки реактора? (83). Mini-MegaTORTORA начала «охоту» за гамма-всплесками. Нефедьев Ю.А. (84). Источники лунной воды — астероиды. Светцов В.В., Шувалов В.В. (85). В Кении обнаружены древнейшие орудия труда человека (85). Ихтиозавры Русского Севера. Зверьков Н.Г. (86). Пресноводные рыбы из неогена Приуралья. Сычевская Е.К. (87).

**88 Некролог****Выдающийся географ-эволюционист  
Памяти Андрея Алексеевича Величко****89****Тематический и авторский  
указатели за 2015 год**

**CONTENTS:****3 Gromov S.P.**  
**Photoactive Supramolecular  
Devices and Machines**

Among various areas in science of photoactive organic compounds a special attention is drawn to the design, development and study of photoactive supramolecular devices and machines as they provide in addition to their own applications a new approach to the construction of complex hierarchical «smart» materials.

**10 Karenina K.A., Giljov A.N.**  
**Asymmetry of Social Behavior:  
Left Eye – Right Hemisphere**

Up to beginning of 21 century it was believed that functional asymmetry of the brain is typical exclusively to humans and, it seems, has something to do with high level of their intelligence. But research results prove that this is a common trait of all vertebrate animals.

**18 Il'ichev V.G., Dashkevich L.V.**  
**Hydrochemical Regime of Azov Sea:  
Computer Experiments**

After constructing of reservoirs on Don river the hydrochemical regime of Azov Sea has changed and its fish resources have drastically reduced. Modern computational experiments help to identify the reasons for such changes and understand how this marine ecosystem will develop in future.

**23 Gelfand M.S.**  
**Genomes and Geology**

Comparison of genomes of living organisms and analysis of DNA extracted from paleontological finds substantially change our understanding of the biological evolution. But genomics, it turns out, can successfully interact even with geology.

**28 Pavlinov I.Ya.**  
**Why We Name Them So:  
Taxonomic Theory and Nomenclature**

The important part of professional language of biological systematics is the taxonomical nomenclature which still is developing now. To understand the reasons why we name organisms one way or another, the knowledge of relation of nomenclature to taxonomic theory is helpful.

**36 Pruzhinskaya M.V., Lisakov S.M.**  
**How Supernovae Became  
the Foundation of Observational  
Cosmology**

One of the most important relations in observational cosmology (the relation between the peak luminosity of Type Ia supernovae and their luminosity decline rate after maximum light) was independently discovered by astronomers B.W.Rust and Yu.P.Pskovskii in 1970-s. Twenty years later astronomer M.Phillips revised this relation at a new level of accuracy and confirmed the conclusions of Rust and Pskovskii.

**Science and Society****44 SEARCH OF EXTRATERRESTRIAL  
CIVILIZATIONS****Rodkin M.V.****Fermi Paradox in the Context  
of the Current Situation****Byalko A.V.****Hundred Years of Solitude? (47)****Times and People****50 Ismagilov R.A., Farkhutdinov I.M.,  
Farkhutdinov A.M., Farkhutdinova L.M.****50th Anniversary  
of Shariage-Overthrust Theory****Martinez A., Fedotova A.A.****Alekhandro Ogloblin, Russian  
Akridologist in Argentine (60)****Letters of A.A.Ogloblin to B.P.Uvarov (64)****71 Mikhailov K.G.****Arachnologists Dispute,  
Make Mistakes and Jokes****78 Ramenskii E.V.****The Work of Life of a Great Biologist  
A View at N.K.Koltzoff from 21 Century****Morange M.****Nikolaj Koltzoff and Molecular  
Biology (79)****83 Science News**

How Quickly Detect Deformation of the First Wall of Reactor? (83). Mini-MegaTORTORA Begins «Hunt» for Gamma-Bursts. Nefedev Yu.A. (84). Sources of Water on the Moon Are Asteroids. Svetsov V.V., Shuvalov V.V. (85). The Most Ancient Human Tools Are Found in Kenya (85). Ichthyosaurs of Russian North. Zverkov N.G. (86). Fresh Water Fishes from Neogene of Ural Region. Sychevskaya E.K. (87).

**88 Obituary****Outstanding Geographer  
and Evolutionist**

To Memory of Andrey Alekseevich Velichko

**89****Subject and Author Index for 2015**



# Фотоактивные супрамолекулярные устройства и машины

С.П.Громов

Хотя на первый взгляд второе слово в заголовке и хочется прочитать как «супермолекулярные», термин «супрамолекулярные» занимает в химии законное место уже почти 40 лет. Его запустил в оборот лауреат Нобелевской премии Ж.-М.Лен, который определил супрамолекулярную химию как «химию за пределами молекулы», т.е. науку, занимающуюся более сложными, надмолекулярными, образованиями. Супрамолекулярные системы возникают в результате самопроизвольной сборки отдельных молекул в супермолекулы или супрамолекулярные ансамбли за счет образования межмолекулярных нековалентных связей [1] (рис.1 показывает место подобных объектов на «лестнице» структурного устройства вещества).

К основным типам межмолекулярных связей относят координационные связи; имеющие электростатическую природу ион-ионные, ион-дипольные и диполь-дипольные взаимодействия; водородные связи; стэкинг-взаимодействия «плоских» структур, напоминающих стопки монет; гидрофобные взаимодействия [2, 3]. Вокруг нас они присутствуют повсюду.

## Умножая разнообразие

В живой природе многообразие супрамолекулярных архитектур огромно, причем оно базируется на довольно ограниченных наборах компонентов. Такой молекулярный конструктор строит, например, из нуклеотидов нуклеиновые кислоты с различными степенями иерархии. Другим таким примером могут быть 20 аминокислот, составля-



**Сергей Пантелеймонович Громов**, член-корреспондент РАН, профессор, доктор химических наук, в.р.и.о. директора Центра фотохимии РАН. Научные интересы — разработка методов синтеза и самосборки супрамолекулярных систем и наноразмерных архитектур с заданными свойствами на основе красителей, фотохромных соединений и органических люминофоров, создание фотоактивных супрамолекулярных устройств и машин.

**Ключевые слова:** супрамолекулярные системы, фотоантенны, краун-эферы.  
**Key words:** supramolecular systems, photoconductive antennas, crown ethers.

ющие основу белков и позволяющие получать сложноорганизованные супрамолекулярные архитектуры с различными функциями. В руках же исследователей есть дополнительный фактор «видообразования» — использование большего количества наборов исходных строительных единиц.

Сейчас в супрамолекулярной химии формируется новое направление — инженерия супрамоле-



Рис.1. «Химические ступени» иерархии структурной организации вещества.

кулярных устройств и машин различного назначения. Супрамолекулярными устройствами называют структурно-организованные и функционально интегрированные химические системы [1]. К супрамолекулярным машинам относят такие устройства, в которых реализация функции происходит в результате механического перемещения компонентов относительно друг друга (что в природе тоже не редкость: так, моторами вращения работают ферменты). И первые, и вторые могут помочь при создании механизмов для генерации, преобразования и передачи энергии и движения на нануровнях, при разработке инструмента для контроля, диагностики нанокочеств материалов и веществ [4].

Управлять супрамолекулярными устройствами и машинами можно разными способами (например, с помощью термического, химического или электрохимического воздействия), но самый удобный агент — свет, который легко регулируется как по длине волны, так и по интенсивности.

В живой природе фотоактивные супрамолекулярные системы обеспечивают фотосинтез и фототропизм у растений, зрительное восприятие у животных, фототаксис у бактерий (рис.2): поглощая фотон, молекулы хлорофилла и ретиналя претерпевают перестройки, из-за чего меняется их реакционная способность [5]. Основные фотохимические процессы, которые при этом происходят, — это флуоресценция, а также перенос энергии, электрона и изменение структуры, вызванные светом.

В обычной жизни мы встречаемся с флуоресценцией на примере органических люминофоров

ров [6], которые используются прежде всего в качестве оптических отбеливателей и флуоресцентных красок, а с вызванными светом изменениями структуры — на примере органических фотохромов [7] в составах стекол очков и оптических дисков (рис.3). Можно ли расширить этот круг?



Рис.3. Области применения органических люминофоров и фотохромов.

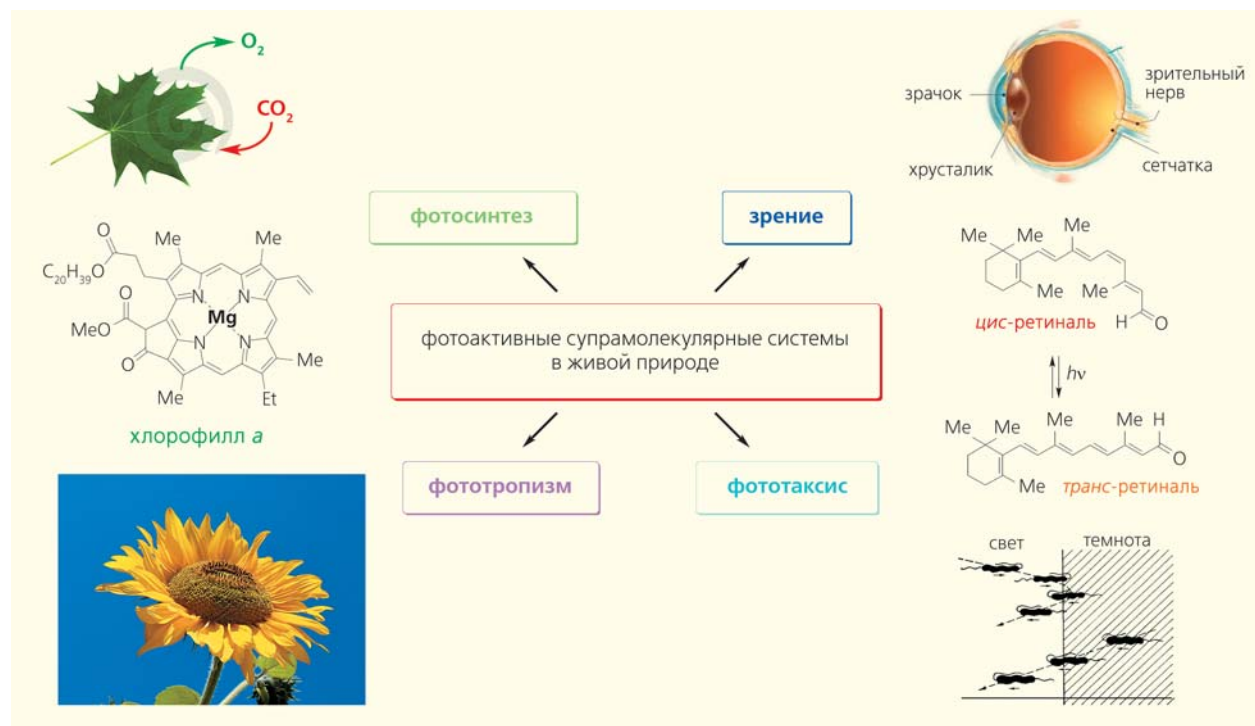
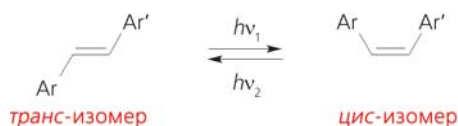


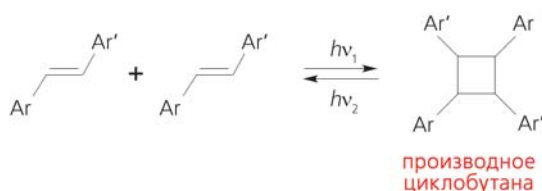
Рис.2. Фотоактивные супрамолекулярные системы в природе.

## Как работают фотоантенны в молекулах

Создать искусственные фотоактивные супрамолекулярные системы различной степени сложности, которые, с одной стороны, обладали бы самыми ценными свойствами природных объектов, а с другой — предоставляли бы возможности для новых, быть может, неожиданных применений, пытаются уже давно. Среди веществ, чувствительных к воздействию света, в настоящее время наиболее изучены не обладающие флуоресценцией соединения, содержащие в качестве фотоантенны  $N=N$ -связь (она способна только к одному типу превращений под действием света — к *транс-цис*-фотоизомеризации\*. Для соединений, в которых роль фотоантенны выполняет связь  $C=C$  (непредельные или ненасыщенные соединения), тоже известна *транс-цис*-изомеризация [8]. Под действием кванта  $h\nu_1$  *транс*-изомер превращается в *цис*-изомер ( $Ar$  и  $Ar'$  — арильные остатки, т.е. остатки ароматических углеводородов), а под действием кванта  $h\nu_2$  происходит обратный процесс. Наличие у двойной связи арильных остатков, находящихся с ней в эффективном сопряжении, приводит к появлению поглощения и возможности фотопереключения в видимой области спектра.



Однако для них обстоятельно исследованы и другие фотофизические (порождающие флуоресценцию) и фотохимические (фотопереключаемые) реакции. Это прежде всего обратимая реакция так называемого фотоциклоприсоединения, когда линейные молекулы под действием света замыкаются с образованием производных циклобутана, т.е. соединений, содержащих четырехчленный цикл:



Использование обеих представленных схем реакций дает значительно больше возможностей для построения искусственных фотоактивных супрамолекулярных систем.

В качестве фрагментов, чутко реагирующих на изменение структуры молекулы при фотопереключении, одними из самых перспективных счи-

\* *Транс-цис*-изомерия — один из видов пространственной изомерии органических соединений, когда два заместителя могут располагаться по разные (*транс*-изомер) или по одну (*цис*-изомер) сторону относительно линии, которая проходит через два атома, связанных двойной связью.

таются так называемые краун-эфиры (от англ. crown — корона) [9]. Эти макроциклы помимо атомов углерода (из которых они и построены) содержат несколько атомов кислорода, способных отдавать свои неподеленные электронные пары на образование химических связей с ионами металлов. Ион металла (он обозначен темным кружком) связывается молекулярной «короной», образуя прочное производное — комплекс:



Способность краун-эфиров к образованию комплексов сильно зависит от строения и пространственной структуры, что делает их привлекательными для использования в искусственных фотоактивных супрамолекулярных системах.

Наличие в молекуле  $C=C$ -связи и фрагмента краун-эфира позволяет сделать реакцию комплексообразования фотопереключаемой. Однако синтез таких соединений в литературе описан не был.

## Наша «линейка моделей»

В Центре фотохимии Российской академии наук были впервые синтезированы и изучены краун-содержащие непредельные соединения (КНС), имеющие в качестве фотоантенны связь  $C=C$  и при ней арильный и гетарильный (гетероароматический) остатки [10]. Это позволяет осуществлять фотопереключение молекул светом видимого диапазона. Одновременно были разработаны методы синтеза ряда соединений, не описанных ранее, но очень перспективных для различных типов фотоактивных супрамолекулярных устройств: производных краун-эфиров, в том числе труднодоступных, например содержащих в макроцикле атомы N, O, S в различных сочетаниях. Можно было предположить, что в результате самосборки молекул КНС и катионов металлов получатся сложные надмолекулярные структуры — так называемые супрамолекулярные комплексы, тоже обладающие способностью к фотопереключению.

Итак, фотопереключаемые супрамолекулярные устройства на основе непредельных соединений и краун-соединений схематично могут быть представлены следующим образом (рис.4): это гибридные молекулы, которые должны содержать в качестве фотоантенны непредельный фрагмент, поглощающий квант света, и краун-эфирный фрагмент, способный связывать катион металла [11].

Самым простым вариантом фотоуправляемых супрамолекулярных машин, в которых компоненты способны механически перемещаться относи-



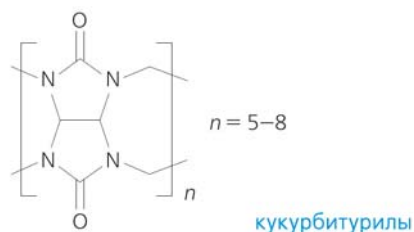
Рис.4. Схематическое представление фотопереключаемых супрамолекулярных устройств на основе краунсодержащих неопределенных соединений (КНС).



Рис.5. Схематическое представление фотоуправляемых супрамолекулярных машин на основе неопределенных соединений и кукурбитурилов.

тельно друг друга (рис.5), могут быть так называемые псевдоротацановые\*, напоминающие челнок, комплексы макроциклических кукурбитурилов (ротаторы) и неопределенных соединений (оси). Для этого они не должны быть соединены прочными химическими связями.

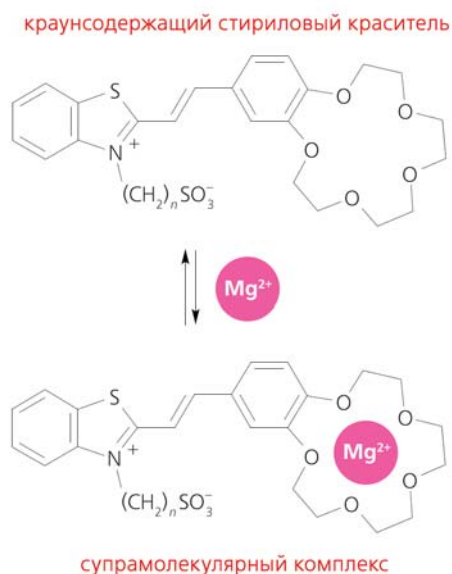
Кукурбитурилы, которые используются в качестве ротатора в псевдоротацановых комплексах, представляют собой необычные макроциклические соединения типа  $(C_6H_6N_4O_2)_n$ , их строение напоминает тыкву (латинское название cucurbita) или бочку [12]. Размеры их внутренней полости позволяют включать «гостей» — органические молекулы — с формированием комплексов. В областях дна и крышки такой бочки располагаются атомы кислорода карбонильных групп, сильно поляризованных:



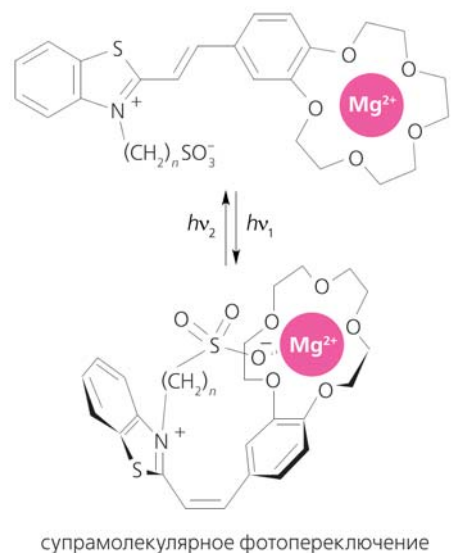
Это облегчает образование комплексов включения, особенно с положительно заряженными молекулами «гостей», к которым относится большинство фотоактивных неопределенных соединений.

\* Ротаксаны — класс соединений, состоящих из молекулы гантелевидной формы и «надетой» на нее циклической молекулы.

Мы обнаружили, что среди КНС наиболее перспективны для создания фотопереключаемых супрамолекулярных устройств краунсодержащие стироловые красители со способной к координации («липкой») концевой анионной группой  $SO_3^-$ . Благодаря последней за счет самосборки удалось получить из них и катионов металлов супрамолекулярные комплексы:



Под действием света одной длины волны такие комплексы как бы «надевают», а под действием света другой длины волны «снимают» свою анионную «шапочку», группу  $SO_3^-$ , т.е. способны к супрамолекулярному фотопереключению [13].

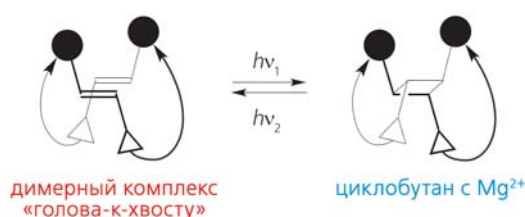


В исследованиях выяснилось также, что *цис*-изомер краунсодержащего стиролового красителя в 500 раз легче образует комплексы, чем *транс*-изомер. Более того, с помощью света можно менять сродство этого КНС к катиону металла, т.е. управлять процессом образования комплекса.



Супрамолекулярные комплексы на основе КНС открывают возможности для создания и более сложных фотопереключаемых и флуоресцентных супрамолекулярных устройств.

Судя по данным фотохимических исследований, в присутствии катионов металлов молекулы краунсодержащих стироловых красителей способны к самосборке в фотоактивные сэндвичевые структуры, в пары по типу «голова-к-хвосту», таким образом, что С=C-связи располагаются друг над другом. Если облучать растворы этих супрамолекулярных димерных комплексов светом одной длины волны, то с высокой эффективностью происходит фотоциклоприсоединение с образованием производных циклобутана [14]:



Интересно, что если удалить катион, то светом другой длины волны можно вызвать образование из циклобутана исходного КНС, а затем вновь повторить процесс образования комплекса. Кроме того, полученное производное циклобутана, как выяснилось, образует комплекс с катионом металла намного легче, чем исходный краситель. Таким образом, и в этом случае мы можем управлять процессом образования комплекса с помощью света, т.е. димерный комплекс также представляет собой фотопереключаемое супрамолекулярное устройство [11].

Следует заметить, что в результате реакции фотоциклоприсоединения образуется единственный из 11 теоретически возможных изомеров циклобутана, иначе говоря, данная реакция протекает стереоспецифически [15]. Это дает возможность целенаправленно создавать фотопереключаемые супрамолекулярные устройства строго определенного строения.

Полученные в настоящее время данные позволяют утверждать, что катионы металлов в димерных комплексах КНС не влияют непосредственно на протекание реакции. По-видимому, катионы металлов выполняют роль «молекулярного клея», сближая молекулы на расстоянии, на которых реакция уже возможна, т.е. наиболее благоприятным для реакции образом. Аналогичным способом, только в живой природе, пространственная структура белковой части ферментов способствует осуществлению ими катализа.

В отличие от комплексов с анионной «шапочкой», образовавшиеся краунсодержащие циклобутаны без ионов металла представляют собой новый тип фотопереключаемых молекул-«хозяев», обладающих двумя местами связывания катионов металлов. При этом оба краун-эфирных фрагмента расположены таким образом, что можно представить себе их одновременное участие в образовании комплексов (со структурой типа «сэндвича») с катионами металлов большого ионного радиуса (например, бария и цезия) или с небольшими органическими катионами.

Итак, для создания фотопереключаемых супрамолекулярных устройств с заданными характеристиками из двух молекул КНС и двух катионов металлов можно собирать в растворе супрамолекулярные димерные комплексы; с помощью света определенной длины волны превращать их в краунсодержащие циклобутаны с уже иными способностями к образованию комплексов с теми же или другими металлами; вновь их разбирать (при необходимости) на исходные соединения с помощью света другой длины волны.

## Учимся двигаться, и не только

Важным направлением исследований Центра фотохимии стала самосборка фотоуправляемых супрамолекулярных машин на основе фотоактивных непердельных соединений и кукурбитурилов [14, 15]. Оказалось, что кукурбитурилы образуют с положительно заряженными непердельными соединениями достаточно устойчивые комплексы включения типа «гость—хозяин».

Представляло интерес исследовать возможность фотоуправления в супрамолекулярных машинах механическими перемещениями. Простейший вариант подобной фотоуправляемой машины нам удалось создать на основе псевдоротаканового комплекса включения *транс*-изомера непердельного соединения и кукурбитурила. В этом случае облучение светом приводит к обратимому образованию комплекса *цис*-изомера непердельного соединения с кукурбитурилом (рис.6) [16].

Пространственное строение такой супрамолекулярной машины после облучения светом (определенное с помощью данных рентгеноструктурного анализа, см. правую часть рис.6) показывает, что сложное механическое перемещение молекулы-гостя в полости макроцикла-хозяина, напоминающее свертывание в клубок, легко может быть осуществимо.

Оказалось, что в полости кукурбитурила способны разместиться две молекулы стиролового красителя. На рис.7 представлена структура такого супрамолекулярного псевдоротаканового комплекса включения. Благоприятное расположение непердельных фрагментов двух молекул красителя в комплексе позволяет при облучении осу-

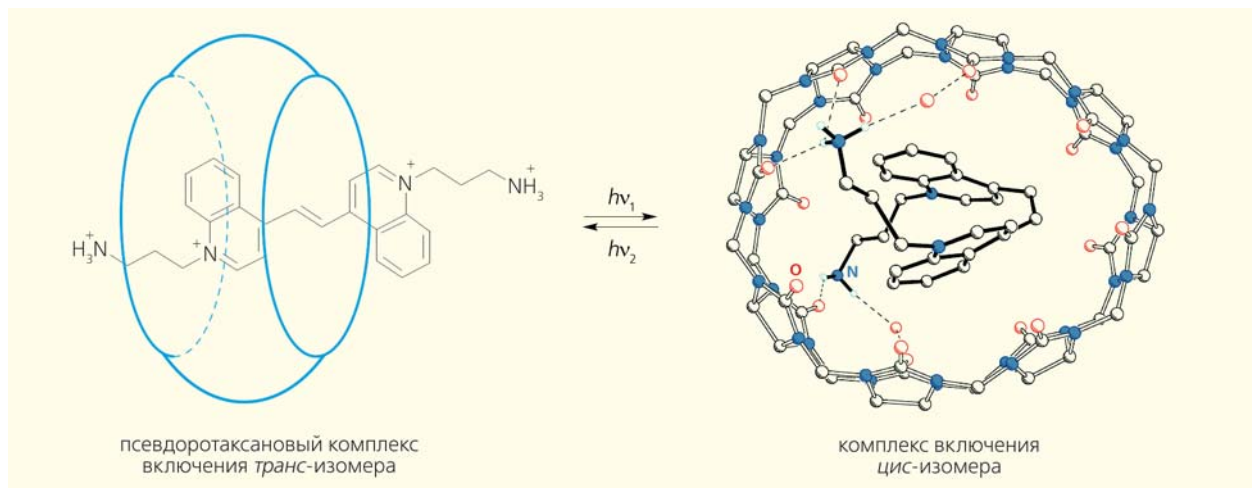


Рис.6. Фотоуправляемая супрамолекулярная машина на основе псевдорота́ксанового комплекса включения *транс*- и *цис*-изомеров непредельного соединения с кукурбитурилом.

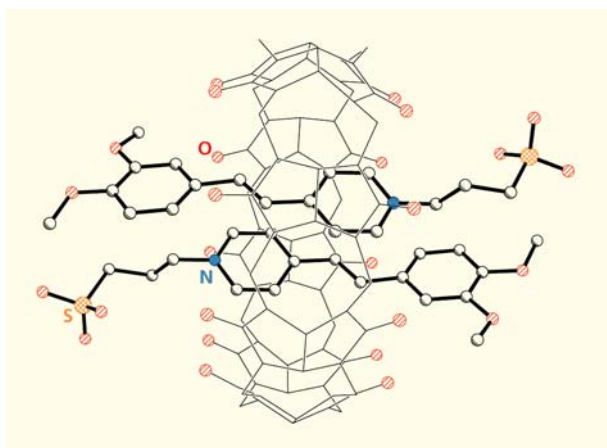
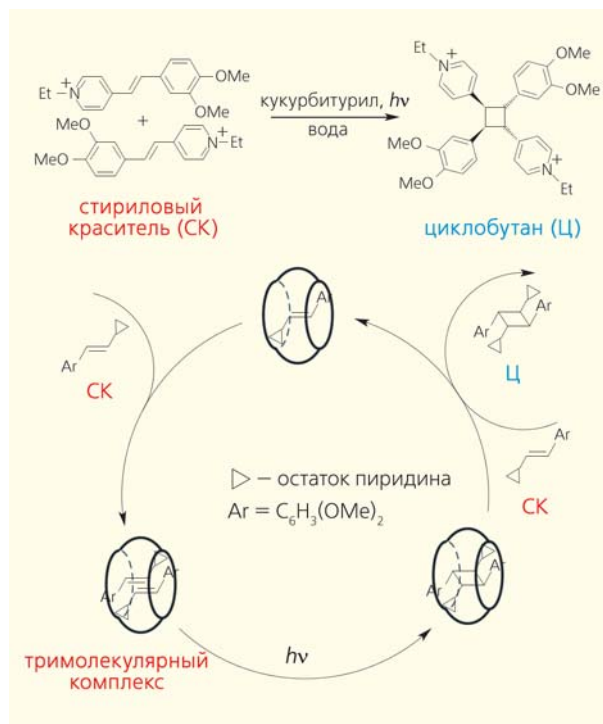


Рис.7. Расположение двух молекул стирилового красителя в полости кукурбитурила в псевдорота́ксановом комплексе включения.

Рис.8. Фотоуправляемый супрамолекулярный ассемблер на основе кукурбитурила для сборки производных циклобутана из двух молекул стироловых красителей (Me — метильная, Et — этильная группы).



ществовать между ними реакцию фотоциклоприсоединения. Исследования показали, что образовавшийся циклобутан связан с кукурбитурилом менее прочно, чем исходные компоненты, т.е. мы получаем возможность управлять не только механическими перемещениями фотоактивных молекул внутри макроцикла, но и прочностью связывания компонентов.

Благодаря этому на основе кукурбитурила удалось создать фотоуправляемый супрамолекулярный ассемблер [17]. Ассемблерами называют супрамолекулярные машины, способные направлять химические реакции за счет позиционирования

молекул (т.е. «движущаяся часть механизма» здесь — молекулы-гости). В живой природе примером ассемблера, предназначенного для синтеза клеточных белков из аминокислот, служит рибосома. В нашем случае присутствие всего пяти мольных процентов кукурбитурила позволяет осуществить при облучении светом полное стереоспецифическое превращение исходных стироловых красителей в производные циклобутана (функционирование фотоуправляемого супрамолекулярного ассемблера представлено на рис.8).

Таким образом, с помощью кукурбитурила мы можем собирать тримолекулярные псевдорота́к-

сановые комплексы, осуществлять в этих комплексах при облучении реакцию фотоциклоприсоединения и повторять этот цикл превращений необходимое число раз.

По-видимому, из таких или аналогичных фотопереключаемых супрамолекулярных устройств и фотоуправляемых супрамолекулярных машин могут быть построены фотоактивные супрамолекулярные системы еще более высокой степени сложности. Они пригодились бы, например, для создания компьютера, в котором роль диодов и транзисторов выполняют органические молекулы и супрамолекулярные системы на их основе. Если сделать такой компьютер с использованием фотоактивных молекул, управлять им можно было бы с помощью света.

Конечно, путь до супрамолекулярного компьютера еще далек. Однако уже сейчас проведенные исследования имеют большой прикладной потенциал, поскольку они дают новый подход к построению сложных иерархических «умных» материалов (от англ. smart materials). Это было наглядно продемонстрировано при создании супрамолекулярных фотопереключателей, фотопереключаемых супрамолекулярных устройств,

фотоуправляемых супрамолекулярных машин, оптических хемосенсорных материалов, например, для диагностики ионов в загрязненной ими окружающей среде и в биологических жидкостях, особенно с использованием полимерных пленок и монослоев из КНС (пленок Ленгюра—Блоджетт), новых монокристалльных сред из КНС для оптической записи информации, переносчиков катионов металлов в фотоуправляемом транспорте ионов через искусственные мембраны.

Упомянутые результаты получены главным образом в Центре фотохимии РАН, но в этих исследованиях участвовал также целый ряд ведущих институтов Российской академии наук и университетов Швеции, США, Италии, Германии и Великобритании.

Мы надеемся, что химия и физика фотоактивных супрамолекулярных устройств и машин будет развиваться далее и эти системы найдут еще более широкое применение. Тех же читателей, кто хотел бы больше узнать об этих интересных исследованиях, адресуем на наш [www-сервер\\*](http://www.suprachem.photonics.ru). ■

\* <http://suprachem.photonics.ru>

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект 14-13-00076).

## Литература

1. Лен Ж.-М. Супрамолекулярная химия — масштабы и перспективы. М., 1989.
2. Стив Дж.В., Эвуд Дж.Л. Супрамолекулярная химия. Т.1, 2. М., 2007.
3. Скопенко В.В., Цивадзе А.Ю., Савранский Л.И., Гарновский А.Д. Координационная химия. М., 2007.
4. Нанотехнологии. Азбука для всех. / Под ред. Ю.Д.Третьякова, М., 2008.
5. Уэйн Р. Основы и применения фотохимии. М., 1991.
6. Красовицкий Б.М., Болотин Б.М. Органические люминофоры. М., 1984.
7. Барачевский В.А., Лашков Г.И., Цехомский В.А. Фотохромизм и его применение. М., 1977.
8. Введение в фотохимию органических соединений / Под ред. Г.О.Беккера. Л., 1976.
9. Химия комплексов «гость-хозяин» / Под ред. Ф.Фегтле и Э.Вебера. М., 1988.
10. Громов С.П., Алфимов М.В. Супрамолекулярная органическая фотохимия краунсодержащих стироловых красителей // Изв. РАН. Сер. хим. 1997. №4. С.641—665.
11. Громов С.П. Молекулярный конструктор светочувствительных и светоизлучающих наноразмерных систем на основе непердельных и макроциклических соединений // Изв. АН. Сер. хим. 2008. №7. С.1299—1323.
12. Герасько О.А., Самсоненко Д.Г., Федин В.П. Супрамолекулярная химия кукурбитурилов // Усп. хим. 2002. Т.71. №9. С.841—860.
13. Ушаков Е.Н., Алфимов М.В., Громов С.П. Принципы дизайна оптических молекулярных сенсоров и фотоуправляемых рецепторов на основе краун-эфиров // Усп. хим. 2008. Т.77. С.39—59.
14. Громов С.П. Самосборка и [2+2]-фотоциклоприсоединение с образованием циклобутанов ненасыщенных и макроциклических соединений // Обзорный журнал по химии. 2011. Т.1. №1. С.3—28.
15. Ушаков Е.Н., Громов С.П. Супрамолекулярные методы управления межмолекулярными реакциями [2+2]-фотоциклоприсоединения непердельных соединений в растворах // Усп. хим. 2015. Т.84. №8. С.787—802.
16. Kuz'mina L.G., Vedernikov A.I., Lobova N.A et al. Photoinduced and dark complexation of unsaturated viologen analogues containing two ammonium tails with cucurbit[8]uril // New J. Chem. 2006. V.30. №3. P.458—466.
17. Gromov S.P., Vedernikov A.I., Kuz'mina L.G., Kondratuk D.V., Sazonov S.K., Strelenko Y.A., Alfimov M.V., Howard J.A.K. Photocontrolled molecular assembler based on cucurbit[8]uril: [2+2]-autophotocycloaddition of styryl dyes in solid state and in water // Eur. J. Org. Chem. 2010. №13. P.2587—2599.

# Асимметрия социального поведения: левый глаз — правое полушарие

К.А.Каренина, А.Н.Гилёв

Один из основных принципов функционирования мозга позвоночных животных — принцип асимметрии. Вклад левого и правого полушарий головного мозга в осуществление различных функций неравнозначен [1]. Подобными предложениями начинается большинство современных научных публикаций, посвященных вопросам асимметрии мозга и поведения. В англоязычной научной литературе такое «введение в тему» носит скорее формальный характер, ведь даже у биологов очень отдаленных специальностей общеизвестность и справедливость подобных утверждений не вызывает сомнений. Однако такое отношение к межполушарной асимметрии сложилось сравнительно недавно. Вплоть до начала XXI в. широко распространено было мнение, что функциональная асимметрия мозга характерна исключительно для человека и, по-видимому, имеет отношение к высокому уровню развития человеческого интеллекта [2].

Первые исследования, доказывающие существование асимметрии в функционировании мозга других видов, помимо человека, относятся к 70—80-м годам XX в. В.Л.Бианки выявил основные особенности работы левого и правого полушарий, а так-



**Карина Андреевна Каренина**, младший научный сотрудник кафедры зоологии позвоночных Санкт-Петербургского государственного университета. Занимается изучением социального поведения животных, асимметрии восприятия сенсорной информации, поиском проявлений межполушарной асимметрии в поведении животных в природе.



**Андрей Николаевич Гилёв**, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник той же кафедры. Область научных интересов — поведенческая экология, когнитивные способности животных, асимметрия мозга и поведения, эволюция асимметрии в использовании конечностей.

**Ключевые слова:** асимметрия, мозг, социальное поведение.  
**Key words:** asymmetry, brain, social behavior.

же сделал вывод, что функциональная специализация полушария не абсолютна, т.е. в зависимости от выполняемого процесса доминировать может то одно, то другое полушарие [1, 3]. Было обнаружено, к примеру, что левое полушарие мозга преимущественно контролирует пение у канареек [4] и распознавание пищевых объектов у курей [5], а правое полушарие доминирует в процессах, обеспечивающих ориентацию в пространстве у крыс [6].

Несмотря на убедительную доказательную базу, первые свидетельства существования межполушарной асимметрии у животных зачастую резко критиковались или даже игнорировались научным миром [2, 7], вероятно, еще неготовым отвергнуть идею об уникальности принципиальных основ функционирования человеческого мозга. Но время расставило все по своим местам. На сегодняшний момент существование асимметрии функционирования нервной



системы доказано как экспериментально, так и наблюдениями в природе, на разнообразнейших объектах животного мира — без преувеличения, от мухи до слона. Накопление в течение последних трех десятилетий массива информации о неравноценности функций левой и правой половин мозга наконец-то привело к тому, что фундаментальность и древнее происхождение функциональной асимметрии мозга были признаны широкой научной общественностью. Важно отметить, однако, что в основе современных представлений об асимметрии мозга лежит понимание основного свойства парного мозга — его двусторонней симметричности. Общий план строения мозга подчиняется принципу билатеральной симметрии, согласно которому одна половина зеркально повторяет другую. Однако детальное рассмотрение выявляет относительность принципа симметрии как в строении, так и в функционировании мозга. На основе парных, относительно симметричных структур возникает выраженная функциональная асимметрия полушарий мозга [1, 3, 6].

### «Правый» и «левый» мир

Базовые различия между полушариями мозга, возникшие, как предполагают, на ранних этапах эволюции позвоночных [8], могут проявляться в поведении животных по-разному. К примеру, для многих видов позвоночных животных характерна моторная латерализация — неравное участие правой и левой половин тела в движении, связанное с асимметрией функционирования нервной системы [9]. Такая латерализация может выражаться в асимметрии поворотов тела и в асимметричном использовании парных конечностей. Другое распространенное проявление межполушарной асимметрии — сенсорная латерализация, т.е. неодинаковая восприимчивость органов чувств на левой и правой сторонах тела к определенным стимулам. Асимметрия восприятия сенсорных стимулов обусловлена специализацией левого и правого полушарий на обработке информации разного типа [10]. В поведении животных сенсорная латерализация может проявляться в виде предпочтения воспринимать определенный стимул левым или правым органом чувств (например, поворачиваться к стимулу одним ухом), а также в более высокой скорости и выраженности реакции на стимул при восприятии его одним из парных органов [11].

Наиболее детально на сегодняшний день изучена латерализация зрительного восприятия. Несмотря на значительные различия в организации зрительной системы, представители разных групп позвоночных по-разному воспринимают и обрабатывают информацию, поступающую от левого и правого глаза. Это явление описано для костных рыб, амфибий, рептилий, птиц и млекопитающих. Зрительная латерализация может проявляться при

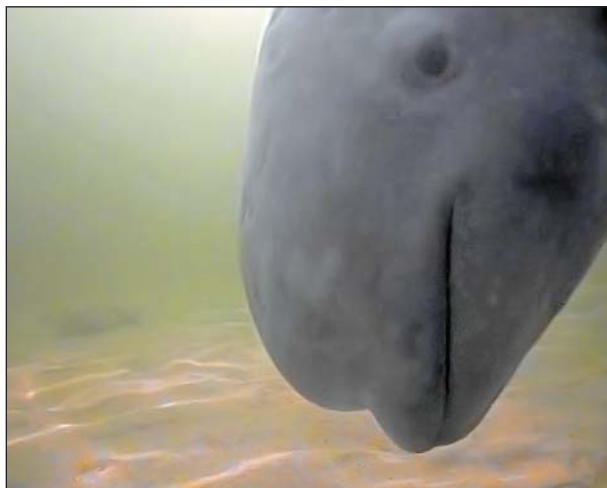
восприятию различных типов стимулов, например социальных партнеров, пищевых объектов, опасности, пространственных ориентиров [2]. Серия экспериментов на цыплятах домашней курицы служит одним из классических примеров исследований зрительной латерализации. Цыплят выпускали на экспериментальную площадку, по которой были рассыпаны зерна вперемешку с мелкими камешками. В разных вариантах эксперимента цыплята имели возможность использовать оба глаза либо только левый или правый глаз — другой был закрыт непрозрачным колпачком. Оказалось, что, если цыплята могли видеть обоими глазами или только правым, они практически не совершали ошибок, выбирая зерна среди камешков. В то же время, когда цыплята использовали только левый глаз, они с одинаковой частотой клевали зерна и камешки. Так как зрительная информация из правого глаза цыпленка преимущественно поступает в левое полушарие мозга, результаты описанных экспериментов указывают на доминирующую роль левого полушария в распознавании пищевых объектов [12]. Подобная латерализация при восприятии пищи была обнаружена и у представителей других групп позвоночных [13]. Например, костные рыбы и хвостатые амфибии преимущественно реагируют на пищевой стимул, находящийся в поле зрения правого глаза.

Модельными для изучения зрительной латерализации стали животные, у которых глаза расположены на голове латерально, т.е. по бокам. Человек, например, к таким видам не относится, ведь у нашего вида глаза расположены фронтально, т.е. спереди и в одной плоскости. У животных с латеральным расположением глаз поля зрения левого и правого глаза перекрываются лишь незначительно и из-за полного (или практически полного) перекреста зрительных нервов информация из одного глаза поступает преимущественно в про-



Кулики ходулочки. Во время брачного танца самцы опускают клюв в воду и интенсивно трясут им. В период ухаживания они чаще всего начинают «танцевать», когда самка находится в поле зрения их левого глаза.

Здесь и далее фото авторов



Кит белуха перед видеокамерой, которую рассматривает левым глазом.

тивоположное полушарие мозга [14]. У видов с подобным устройством зрительного анализатора мы можем исследовать межполушарную функциональную асимметрию без применения инвазивных методик, просто анализируя поведение животных. Само по себе латеральное расположение глаз не определяет проявление латерализации. Однако многочисленные исследования подтверждают, что предпочтение держать определенные

объекты в поле зрения одного из глаз у видов с латерально расположенными глазами обычно отражает доминирующую роль противоположного полушария в обработке информации об объектах такого типа. Предполагается, что части пространства, видимые левым и правым глазом, воспринимаются мозгом неодинаково и во взаимодействии животного с окружающей средой участвуют две разные, но взаимосвязанные системы: «левый глаз — правое полушарие» и «правый глаз — левое полушарие» [15].

### Социальное полушарие

Одним из наиболее активно развивающихся направлений в исследованиях асимметрии мозга и поведения стало изучение «социальной латерализации» — асимметричного восприятия особей своего вида. Регулирование социального поведения — одна из наиболее сложных и многокомпонентных функций, которые осуществляет мозг позвоночных животных. В различные аспекты социального поведения могут быть вовлечены процессы, осуществляемые как левым, так и правым полушариями. Однако именно правое полушарие в научной литературе оправданно называют «социальным», ведь оно играет доминирующую роль в контроле большинства социальных реакций у различных видов позвоночных, включая челове-



Поединок жеребцов одичавшей лошади. Во время агрессивных взаимодействий каждый из них предпочитает смотреть на противника левым глазом.

ка [16]. В зрительном узнавании знакомых особей своего вида, к примеру, участвует преимущественно правое полушарие мозга, причем такая асимметрия выявлена как у млекопитающих, так и у птиц [17]. Преимущественная роль правого полушария в проявлении агрессивных реакций, направленных на особей своего вида, известна у амфибий, рептилий, птиц и млекопитающих. Социальная латерализация находит отражение в поведении животных — как в эксперименте, так и в природе. Если малька рыбы поместить в аквариум с зеркальной стенкой, то осматривать «другую особь», т.е. собственное отражение, он будет преимущественно левым глазом (направляющим информацию в правое полушарие). Сходным образом, жеребцы одичавшей домашней лошади во время поединков предпочитают держать противника в поле зрения левого глаза [18].

### Асимметрия материнско-детских отношений

Одно из наиболее ярких проявлений асимметрии в социальном поведении человека — предпочтение держать ребенка с левой стороны от себя. Впервые научное описание этого феномена было опубликовано американским психологом Ли Солком в 1960 г. [19]. Он выяснил, что большинство женщин предпочитает держать своего ребенка левой рукой на левой стороне тела. Впоследствии было обнаружено, что такое левостороннее предпочтение существует в различных культурах и проявляется в различных ситуациях: когда ребенка держат на руках его мать или отец, нерожавшая женщина или подросток, а также в случаях, когда вместо живого ребенка женщина держит игрушку, имитирующую младенца. Однако подобная латерализация не уникальна для человека. Так, большинство самок горилл (*Gorilla gorilla*) и шимпанзе (*Pan troglodytes*) предпочитают держать детенышей с левой стороны тела [20].

Научные публикации, в которых говорится, что асимметрия в расположении ребенка на руках — не просто любопытный феномен, но и важный критерий физиологического состояния матери, вызвали волну интереса исследователей к этому вопросу в течение последнего десятилетия. Было обнаружено достоверное влияние эмоционального состояния матери на асимметричное расположение ребенка. Более того, оказалось,

что женщины, страдающие послеродовой депрессией, не проявляют левостороннего предпочтения [21]. Несмотря на то что асимметрия расположения ребенка относительно матери была обнаружена более полувека назад, механизмы возникновения данного феномена и факторы, определяющие его проявление, остаются не до конца понятными. Существует две основные гипотезы, объясняющие возникновение пространственной асимметрии между матерью и ребенком [19, 21]. Первая связывает данный феномен с моторными предпочтениями, проявляющимися в повседневной жизни человека. Можно предположить, что женщина держит ребенка левой рукой, так как правая должна оставаться свободной для выполнения какой-либо работы. Однако такое предположение не подтверждается данными о практически одинаковом числе матерей, предпочитающих держать ребенка левой рукой, среди правшей и левшей [19]. Вторая гипотеза объясняет асимметрию во взаимном расположении матери и ребенка с точки зрения асимметрии сенсорного восприятия. Предполагается, что левостороннее преобладание возникло из-за предпочтения держать ребенка в периферическом поле зрения левого глаза и, таким образом, направлять поток зрительной информации о нем в первую очередь в правое полушарие мозга [21]. Именно такое положение предположительно обеспечивает наиболее точное и быстрое осознание родителем эмоционального состояния ребенка, так как правое полушарие играет ведущую роль в подобных процессах восприятия социальной информации. Асимметричное расположение относительно родителя может иметь большое значение и для самого ребенка. Было показано, что, когда мать дер-



Самка тибетского макака.



Мадонна Грандука (Рафаэль, 1504 г.).



жит ребенка левой рукой, ему лучше видна левая половина лица матери, на которой более интенсивно отражаются эмоции. К тому же наблюдать мать в таком положении ребенок может преимущественно левым глазом, что способствует более эффективному восприятию социальной информации, исходящей от матери. Преимущественное расположение с определенной от нее стороны может оказывать влияние на формирование социальной латерализации. Так, дети, чьи матери держали их правой рукой, во взрослом возрасте проявляют пониженную нормальную межполушарную асимметрию в процессе восприятия лиц [22].

### Смотрю левым глазом на себе подобных

У приматов использование передних конечностей — неотъемлемый компонент родительно-детских взаимоотношений, поэтому отдельно оценить вклад моторной и сенсорной латерализаций в возникновение асимметричного расположения особей крайне сложно. Изучение видов, у которых конечности напрямую не задействованы в поддержании близости между матерью и детенышем (мать не удерживает детеныша, а детеныш не держится за мать), позволит с точностью определить, может ли возникнуть асимметрия расположения детеныша лишь под воздействием латерализованного сенсорного восприятия особями друг друга. Это и стало целью нашего исследования. В качестве объектов были выбраны два вида парнокопытных, обитающих на территории России: сайгак (*Saiga tatarica tatarica*) и северный олень (*Rangifer tarandus tarandus*). Животные

обоих видов обитают на открытых пространствах, имеют хорошо развитое зрение, а их глаза расположены на голове латерально. Кроме того, детеныши выбранных видов с раннего возраста самостоятельно следуют за своими матерями. Перечисленные особенности делают сайгака и северного оленя подходящими объектами для изучения природы асимметрии в расположении матери и детеныша у млекопитающих.

Мы решили исследовать естественное поведение животных в природе, поэтому для полевых работ были организованы экспедиции. Наблюдения за дикими северными оленями проводились в Красноярском крае, в низовьях р.Хеты, а за сайгаками — в Астраханской области, на территории государственного природного заказника «Степной». Используя специальные замаскированные укрытия и маскировочные костюмы, мы проводили фото- и видеосъемку поведения самок с детенышами. При последующем анализе полученного материала мы оценили зрительную латерализацию во время социальных взаимодействий животных.

Перемещаясь вместе с матерью, основную часть времени детеныш проводит от нее сбоку. Объекты нашего исследования относятся к видам с латеральным расположением глаз, поэтому, находясь сбоку от матери, детеныш видит ее преимущественно левым или правым глазом. В ходе наблюдений мы отмечали, какое положение выбирает детеныш, приближаясь к матери сзади. Мы анализировали ситуации, в которых именно он был инициатором объединения пары и выбирал свое положение в пространстве относительно матери. У видов с латерально расположенными глазами предпочтение поворачиваться определенной

стороной тела к социальному объекту — свидетельство сенсорной, а не моторной латерализации [14, 17]. Поэтому односторонние предпочтения детенышей при выборе положения относительно матери мы интерпретировали как проявление латерализованного зрительного восприятия.

Результаты нашего исследования показали, что детеныши сайгака и северного оленя предпочитают располагаться в пространстве таким образом, чтобы мать находилась в поле зрения левого глаза. В результате, когда самка с детенышем перемещались совместно, в большинстве случаев он находился справа от нее. Такие предпочтения детеныши проявляли в различных типах активности, например во время отдыха, пастбы и бегства при опасности. Зрительная ла-



Самка сайгака с детенышем на водопое в заказнике «Степной».



терализация была обнаружена у детенышей разного возраста, от новорожденных до подростков двух-трех месяцев от роду. Наши наблюдения показали, что как у сайгаков, так и у северных оленей в основном детеныши поддерживали пространственную близость с матерью, а не наоборот. Очевидно, что при перемещении пары мать—детеныш основная задача детеныша следовать за матерью, не теряя ее из виду. Мать в первую очередь занята выбором направления движения, контролем за безопасностью, взаимодействиями с другими особями своего вида, т.е. ее внимание обращено скорее на окружающую обстановку, чем на детеныша. Несмотря на это, в определенных ситуациях именно мать инициирует сближение и контакт с детенышем. Латерализация в ситуациях, когда мать подходит к своему детенышу и выбирает определенное положение относительно него, — предмет будущих исследований.

Сопоставляя полученные результаты с данными исследований на приматах, можно проследить существование двух вариантов асимметрии в расположении матери и детеныша у млекопитающих. У приматов мать держит детеныша на руках и таким образом определяет его положение в пространстве. Сенсорная латерализация матери приводит к тому, что детеныш преимущественно находится слева от матери. В то же время у исследованных копытных детеныш сам определяет свое положение в пространстве, и его латерализованное поведение приводит к тому, что в большинстве случаев он располагается от матери справа. Несмотря на разное результирующее положение, оба варианта асимметрии между матерями и их детенышами, по всей видимости, обусловлены одной и той же социальной латерализацией, а именно предпочтением воспринимать социальную информацию с помощью системы «левый глаз — правое полушарие» [23]. Когда детеныш сайгака или северного оленя находится справа от матери и держит ее в поле зрения левого глаза, социальная информация от матери поступает



Ведется наблюдение за дикими северными оленями с берега р. Хеты.

преимущественно в его правое полушарие. Это подтверждают исследования организации зрительной системы копытных — около 90% нервных волокон от каждого глаза идут в противоположное полушарие мозга [18]. Таким образом, асимметричное расположение детеныша относительно матери — одно из проявлений правополушарного доминирования в регулировании социального поведения. В отличие от приматов, у исследованных видов передние конечности не участвуют напрямую во взаимном расположении матери и детеныша, поэтому мы можем исключить влия-



Самка северного оленя с детенышем. Во время осенней миграции они преодолевают даже крупные реки.



Детеныши сайгака.

ние моторной латерализации [24]. Наши результаты позволили понять, что асимметрия расположения матери относительно детеныша у млекопитающих может возникать вследствие асимметрии зрительного восприятия детенышем матери.

Наблюдая за поведением сайгаков в природе, помимо материнско-детских контактов, мы регистрировали латерализацию в отношениях между двумя детенышами, а также между взрослыми особями. Оказалось, что предпочтение смотреть на особь своего вида левым глазом проявляется и в этих типах социальных взаимодействий. Играя друг с другом, детеныши одного возраста часто объединяются в пары. Мы обнаружили, что при приближении к другому детенышу сайгачата предпочитают смотреть на потенциального партнера по играм левым глазом.

Наблюдения за молодыми самцами показали, что во время «тренировочных» турниров самцы предпочитают поворачивать голову таким образом, чтобы противник находился в поле зрения левого глаза. Так же самцы располагаются в пространстве во время погони за своим противником после турнира. Эти результаты демонстрируют, что зрительная латерализация, проявляющаяся в поведении детенышей при контактах с матерью, не специфическая особенность материнско-детских взаимоотношений. Предпочтение восприни-



Самцы сайгака. Во время «тренировочных» турниров они предпочитают поворачивать голову таким образом, чтобы противник находился в поле зрения левого глаза.



мать информацию о себе подобным левым глазом (правым полушарием) детеныши проявляют по отношению к разным социальным объектам, и такую же латерализацию демонстрируют взрослые

особи. Результаты нашей работы еще раз доказывают, что асимметрия мозга и поведения не уникальна для человека, это общая черта позвоночных животных [14]. ■

Авторы благодарят сотрудников заказника «Степной» и его директора В.Г.Калмыкова, а также Л.А.Колпащикова («Объединенная дирекция заповедников Таймыра») за помощь в организации исследования.

**Исследования, проведенные на северном олене, выполнены при поддержке Российского научного фонда (проект 14-14-00284), на сайгаке – при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 14-04-31390).**

## Литература

1. Буанки В.Л. Механизмы парного мозга. Л., 1989.
2. Vallortigara G., Chiandetti C., Sovrano V.A. Brain asymmetry (animal) // WIREs Cogn. Sci. 2011. V.2. P.146–157.
3. Буанки В.Л. Асимметрия мозга животных. Л., 1985.
4. Nottebohm F., Stikes T.M., Leonard C.M. Central control of song in the canary, *Serinus canarius* // J. Comp. Neurol. 1976. V.165. P.457–486.
5. Rogers L.J., Anson J.M. Lateralization of function in the chicken forebrain // Pharmacol. Biochem. Behav. 1979. V.10. P.679–686.
6. Denenberg V.H. Hemispheric laterality in animals and the effects of early experience // Behav. Brain Sci. 1981. V.4. P.1–49. doi:10.1017/S0140525X00007330
7. MacNeilage P.F. Implications of primate functional asymmetries for the evolution of cerebral hemispheric specializations // Primate laterality: current behavioral evidence of primate asymmetries / Eds J.P.Ward, W.D.Hopkins. N.Y., 1993. P.319–341.
8. MacNeilage P.F., Rogers L.J., Vallortigara G. Origins of the left and right brain // Sci. Amer. 2009. V.301. P.60–67.
9. Ströckens F., Güntürkün O., Ocklenburg S. Limb preferences in non-human vertebrates // Laterality. 2013. V.18. P.536–575. doi:10.1080/1357650X.2012.723008
10. Deng C., Rogers L.J. Prehatching visual experience and lateralisation in the visual Wulst of the chick // Behav. Brain Res. 2002. V.134. P.375–385.
11. Rogers L.J. Lateralization in vertebrates: its early evolution, general pattern and development // Advances in the study of behavior / Eds P.J.B.Slater, J.Rosenblatt, C.Snowdon, T.Roper. San Diego, 2002. P.107–162.
12. Rogers L.J. Early experiential effects on laterality: research on chicks has relevance to other species // Laterality. 1997. V.2. P.199–219. doi:10.1080/713754277
13. Giljov A.N., Karenina K.A., Malasbichev Y.B. An eye for a worm: Lateralisation of feeding behaviour in aquatic anamniotes // Laterality. 2009. V.14. P.273–286. doi:10.1080/13576500802379665
14. Vallortigara G., Rogers L.J. Survival with an asymmetrical brain: advantages and disadvantages of cerebral lateralization // Behav. Brain Sci. 2005. V.28. P.575–589. doi:10.1017/S0140525X05370105
15. Bisazza A., Brown C. Lateralization of cognitive functions in fish // Fish cognition and behavior / Eds C.Brown, K.Laland, J.Krause. Oxford, 2011. P.298–324.
16. Brancucci A., Lucci G., Mazzatenta A., Tommasi L. Asymmetries of the human social brain in the visual, auditory and chemical modalities // Phil. Trans. R. Soc B: Biol. Sci. 2009. V.364. P.895–914. doi:10.1098/rstb.2008.0279
17. Rosa-Salva O., Regolin L., Mascalonzi E. et al. Cerebral and behavioural asymmetries in animal social recognition // Comp. Cogn. & Behav. Rev. 2012. V.7. P.110–138.
18. Austin N.P., Rogers L.J. Limb preferences and lateralization of aggression, reactivity and vigilance in feral horses, *Equus caballus* // Anim. Behav. 2012. V.83. P.239–247.
19. Harris L.J. Side biases for holding and carrying infants: reports from the past and possible lessons for today // Laterality. 2010. V.15. P.56–135.
20. Manning J.T., Heaton R., Chamberlain A.T. Left-side cradling: similarities and differences between apes and humans // J. Human Evol. 1994. V.26. P.77–83.
21. Sieratzki J.S., Woll B. Neuropsychological and neuropsychiatric perspectives on maternal cradling preferences // Epidem. Psychiatr. Soc. 2002. V.11. P.170–176.
22. Vervloed M.P., Hendriks A.W., Eijnde E. van den. The effects of mothers' past infant-holding preferences on their adult children's face processing lateralisation // Brain Cogn. 2011. V.75. P.248–254.
23. Каренина К.А., Гилёв А.Н. Мать и дитя: Поведенческая асимметрия в природе // Наука из первых рук. 2013. Т.5/6. С.110–123.
24. Каренина К.А., Гилёв А.Н., Малашичев Е.Б. Асимметрия пространственного взаиморасположения матери и детеныша у сайгака (*Saiga tatarica*) // Материалы 3-й научной конференции «Поведение и поведенческая экология млекопитающих». Черноголовка, 14–18 апреля 2014. М., 2014. С.47.

# Гидрохимический режим Азовского моря: компьютерные эксперименты

В.Г.Ильичев, Л.В.Дашкевич

В 50-х годах прошлого века на р.Дон в районе г.Цимлянска была построена плотина и появилось крупное Цимлянское водохранилище. Конечно, одновременно велась проработка возможных экологических последствий такого масштабного строительства. Начались исследования отклика экосистемы Азовского моря на изменение гидрохимического режима донского стока [1]. Тогда в числе других встал вопрос: не увеличится ли частота так называемых заморных явлений — настоящих экологических бедствий, связанных с массовой гибелью водных организмов из-за дефицита кислорода в акватории моря?

В то время был сделан ошибочный прогноз: полагали, что значительная часть органических веществ донского стока будет аккумулироваться в ложе водохранилища, а значит их поступление в Азовское море сократится, и поэтому уменьшится расход кислорода на окисление органики. Так оно и происходило в первые три года после заполнения водохранилища, но затем повторяемость заморных резко увеличилась. Экосистема водоема стала продуцировать высокие биомассы водорослей и, соответственно, органики. Объем ее поступления в море сильно возрос. Для решения этой проблемы потребовалось составление новых прогнозов поведения



**Виталий Григорьевич Ильичев**, доктор технических наук, главный научный сотрудник Института аридных зон Южного научного центра РАН (Ростов-на-Дону). Область научных интересов — моделирование динамики и эволюции экосистем.



**Людмила Владимировна Дашкевич**, кандидат географических наук, научный сотрудник того же института. Специалист в области формализации данных, океанологии.

**Ключевые слова:** морские экосистемы, компьютерное моделирование, Азовское море, биогенные элементы.

**Key words:** marine ecosystems, computer simulation, Sea of Azov, biogenic elements.

рукотворной системы водохранилище—река—море. Возникла необходимость создания компьютерных моделей сложных экологических систем, в которых можно учесть ряд гидрологических и биологических факторов.

В прошлом речной сток (в основном Дона и Кубани) в Азовское море составлял около 40 км<sup>3</sup>/год [2]. При относительно небольшом объеме самого водоема (320 км<sup>3</sup>) это с лихвой обеспечивало экологическую систему питательными веществами (азотом, фосфором и др.). А в результате слияния пресных речных и соленых черноморских вод в Азовском море установилась уникальная промежуточная соленость порядка 11‰. В такой солоноватой воде могут обитать лишь немногие виды [3], поэтому численность приспособившихся к данным условиям популяций оказалась очень высокой.

После сооружения Цимлянского, а также Краснодарского водохранилищ резко снизились рыбные запасы Азовского моря. Проекты

*Познавай норму через патологию.*

А.М.Молчанов.

Математические модели в экологии.

Роль критических режимов



восстановления былой рыбопродуктивности водоема разрабатываются еще с 1980-х годов. В числе прочих рассматривалась возможность сужения гирла Таганрогского залива (рис.1). Но очевидно, что любое вмешательство в экосистему региона требует предварительной детальной научной оценки возможных экологических последствий. Здесь также приходится на помощь компьютерное моделирование.

Один из этапов экологической экспертизы любого проекта — анализ возможных реакций различных трофических уровней экосистемы Азовского моря на смену гидрологического и гидрохимического режима речного стока. Здесь важно определить устойчивые тенденции, не зависящие от выбора начальных условий модели. Как правило, это достигается путем проведения расчетов на много лет вперед при заданных фиксированных параметрах речного стока. Кроме того, чтобы разобраться в причинах различных явлений, часто приходится проводить компьютерные эксперименты, которые невозможно осуществить в природе, но вполне реально реализовать в модели.

В предлагаемой читателю статье показан процесс анализа динамики биогенных веществ с учетом влияния водных микроорганизмов, осуществленный с помощью компьютерной эколого-эволюционной модели фитоценозов двух основных районов Азовского моря — Таганрогского залива (ТЗ) и собственно Азовского моря (СМ).

### Метод «замораживания процессов»

Основой динамики и микроэволюции экологических систем служат различные процессы адаптации\*. На примере водных микроорганизмов кратко рассмотрим важнейшие из них.

Довольно непросто бывает добиться в модели устойчивого сосуществования различных видов водорослей. Здесь стабилизирующую роль может играть модельный механизм перехода клеток из активного состояния в пассивное. При неблагоприятных условиях окружающей среды многие водоросли переходят в стадию покоя (становятся спорами), в которой они не размножаются, не питаются, но и не умирают [4]. Когда условия обитания восстанавливаются, клетки водорослей возвращаются в прежнее состояние. Наличие такого механизма стабилизации существенно смягчает процессы межвидовой конкуренции.

В модели круговорота азота (N) и фосфора (P) необходимо включать механизмы *адаптации водорослей к содержанию биогенных веществ* в окружающей водной среде. В противном случае при модельных расчетах на длительную перспективу

\* Формальное математическое описание моделей таких процессов приведено в монографии: *Ильичев В.Г. Устойчивость, адаптация и управление в экологических системах.* М., 2009.



Рис.1. Проект сужения гирла Таганрогского залива, основанный на сближении кос Белосарайской и Долгой.

может возникнуть неограниченный рост одного из элементов [5]. Возможны различные модельные реализации этого процесса [6]. Достаточно удобен, например, механизм адаптации, опирающийся на концепцию Ф.Добжанского о жестком полиморфизме природных популяций [7]. Согласно этой идее, всякая исходная популяция микроорганизмов состоит из набора близких субпопуляций, каждая из которых имеет свои параметры: доли азота и фосфора в клетках водорослей. Субпопуляцию с наибольшей долей азота будем условно называть азотолюбивой, а с наибольшей долей фосфора — фосфоролюбивой. Дополнительно считаем, что потребление азота и фосфора каждой субпопуляцией пропорционально содержанию этих элементов в клетках водных микроорганизмов. Исход конкуренции субпопуляций зависит от содержания азота и фосфора в среде. Это взаимодействие согласуется с принципом компенсации Ле Шателье—Брауна. Например, при большом содержании азота доминирует азотолюбивая субпопуляция (в этом случае происходит наиболее сильное потребление азота), и наоборот.

В принципе двух субпопуляций достаточно для модельной реализации такой схемы. Но чтобы динамика переменных стала более уравновешенной, целесообразно добавить третью субпопуляцию с промежуточными значениями содержания азота и фосфора в клетках. Такую модельную конструкцию называют триадой. Отметим, что функционирование триад не устраняет возможности возникновения дисбаланса азота и фосфора в среде, а лишь смягчает его.

В модели круговорота веществ микроорганизмы—азот—фосфор Азовского моря (рис.2) представлены три основные группы: диатомовые и пиррофитовые водоросли, а также цианобактерии (синезеленые водоросли). Динамика каждой из них описывается своей триадой. Известно, что в Таганрогском заливе обитают в основном диатомовые водоросли и цианобактерии, а в собственно Азовском море — диатомовые и пиррофитовые водоросли.

После сооружения Цимлянского водохранилища содержание азота в Азовском море увеличи-

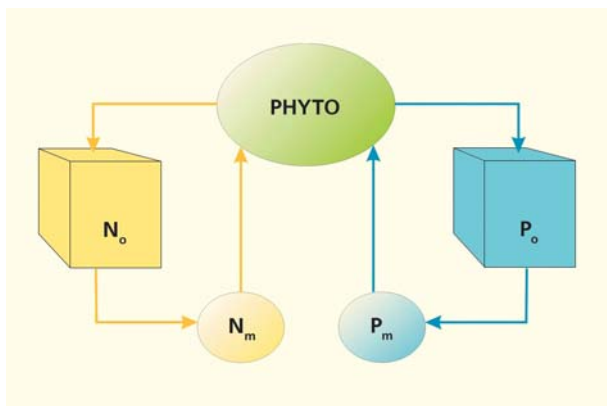


Рис.2. Потoki биогенных веществ в фитоценозе.  $N_o$ ,  $P_o$ ,  $N_m$  и  $P_m$  — органические и минеральные формы азота и фосфора; ФИТО — сообщество водорослей.

лось, а фосфора — уменьшилось. В результате почти вдвое выросло значение отношения  $N/P$ : к 1980 г. оно составило  $\approx 20$ . Детальное компьютерное исследование воздействия основных параметров донского стока на фитоценозы Азовского моря помогло выяснить причины роста этого отношения [8]. В модели было учтено снижение объема донского стока и реализованы четыре варианта его химического состава (учитывались органические формы азота и фосфора). В итоге было обнаружено, что при всех вариантах происходит рост  $N/P$ . Таким образом, по нашей гипотезе и результатам модельных экспериментов дисбаланс азота и фосфора в Азовском море возникает из-за сокращения объема донского стока\*.

Разумеется, снижение объема стока порождает одновременную трансформацию как гидрологических, так и биологических процессов. Чтобы разобраться в хитросплетении этих факторов, необходимо выделить их в «чистом виде». Для этого воспользуемся следующими парадоксальными сооб-

\* Подробнее см.: Ильичев В.Г., Семин В.Л. Азотный «диабет» Азовского моря // Природа. 2006. №11. С.19–24.

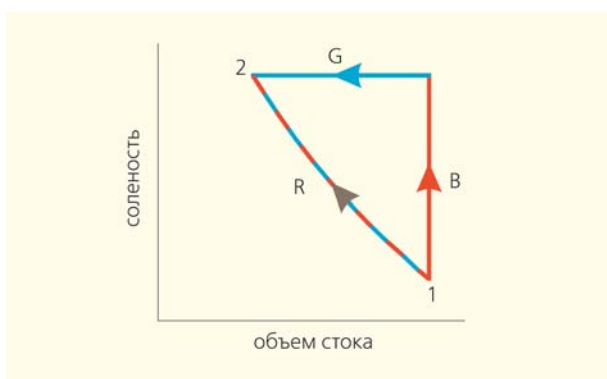


Рис.3. Разные пути в пространстве, соединяющие два состояния экосистемы. Пояснения см. в тексте.

ражениями. Предположим, что объем донского стока непрерывно уменьшается от 50 до 10 км<sup>3</sup>/год. Это вызывает увеличение солености Азовского моря. Геометрически в пространстве факторов происходит движение по диагонали (R) от точки 1 к точке 2 (рис.3). Теперь заменим прямой путь (R) на «окольный» (B+G), состоящий из вертикального (B) и горизонтального (G) отрезков. Движение факторов по отрезку B связано только с увеличением солености (гидрология «заморожена»), поэтому путь B вызывает деформацию исключительно биологических процессов (смену видового состава). Аналогично движение по отрезку G порождает лишь изменение массообмена веществ (соленость «заморожена»). Значит, путь G вызывает деформацию только гидрологических процессов.

Таким способом был выявлен механизм возникновения дисбаланса азота и фосфора в Азовском море. А именно: при сокращении объема стока р.Дон от 50 до 25 км<sup>3</sup>/год решающее значение имеют биологические факторы (перестройка видового состава водных микроорганизмов), которые вызывают одновременное уменьшение содержания азота и фосфора. При дальнейшем сокращении стока доминируют гидрологические процессы, приводящие к увеличению доли азота и уменьшению — фосфора.

### Метод «перестановки фитоценозов»

Далее будем считать, что фитоценоз характеризуется определенным видовым составом водных микроорганизмов, а также набором минеральных и органических форм биогенных элементов (для простоты ограничимся лишь азотом и фосфором). Разумеется, замкнутый по веществу фитоценоз включает в себя потребление минеральных элементов водорослями, которые размножаются и частично отмирают. В результате распада органических соединений азот и фосфор возвращаются в водную толщу.

В модели представлены два фитоценоза: ТЗ и СМ. В первом присутствуют только диатомовые водоросли и цианобактерии, а во втором — диатомовые и пиррофитовые водоросли. Температурный и кислородный режимы задавались ежемесячно на основе среднестатистических данных.

Объем Таганрогского залива — 25.9 км<sup>3</sup>, собственно моря — 295.34 км<sup>3</sup> [2]. В системе одностороннего обмена р.Дон→ТЗ→СМ реализована простейшая балансовая гидрологическая схема: сколько воды втекает, столько и вытекает. Разумеется, вода — основной переносчик биогенных веществ и водорослей. При модельных расчетах полагаем, что в донском стоке содержание минеральных форм азота и фосфора равно нулю, а концентрация их органических форм задается парой ( $C_N$ ,  $C_P$ ), причем ключевое значение для анализа имеет отношение  $R = C_N/C_P$ . Минеральные и орга-

нические формы азота и фосфора обозначены как  $N_m$ ,  $N_o$ ,  $P_m$ ,  $P_o$  соответственно (табл.1). Неожиданно находим, что в СМ динамика отношения азот/фосфор для различных форм биогенных веществ (величина  $N_o/P_o$ ) совсем мало изменяется в зависимости от  $R$ . В чем же причина его высокой устойчивости в море? Может быть, в уникальности видового состава фитоценоза СМ или в особенности каскада фитоценозов ТЗ и СМ?

В связи с этим в рамках гидрологической схемы: р.Дон → район 1 → район 2 были проведены «парадоксальные» компьютерные эксперименты, в которых рассмотрены любые расстановки фитоценозов по районам Азовского моря. Например, сценарий р.Дон → СМ → ТЗ означает следующее: Дон впадает в большой район, где обитают пиррофитовые и диатомовые водоросли; оттуда вода поступает в малый район, где живут диатомовые водоросли и цианобактерии.

Согласно расчетам, во всех сценариях при вариации  $R$  сильно изменяется отношение  $N_m/P_m$ . Напротив, отношение  $N_o/P_o$  при всех сценариях меняется слабо, особенно в районе 2 (рис.4). Следовательно, биологические характеристики здесь не имеют принципиального значения. Скорее всего, «вина» лежит на гидрологических особенностях районов. Так, когда район 1 — большой, то стабилизация  $N_o/P_o$  возникает уже в нем.

Органическое вещество водоемов имеет как аллохтонное (заносимое извне), так и автохтонное (продуцируемое внутри) происхождение. Автохтонная органика (это в основном отмершие водоросли) в определенном смысле упорядочена, по-

**Таблица 1**

**Среднегодовые характеристики в природной системе р.Дон → ТЗ → СМ (биогенный сток представлен в органической форме)**

Характеристика	$R$						
	2400/80	2400/140	2400/200	2400/260	2400/320	2400/380	2400/440
Таганрогский залив							
Цианобактерии, мг/м <sup>3</sup>	2670	4659	6269	6167	5959	5962	5965
Диатомовые водоросли, мг/м <sup>3</sup>	910	1585	2444	3666	4448	4457	4462
$N_m$ , мг/м <sup>3</sup>	1207	767	401	305	251	251	251
$P_m$ , мг/м <sup>3</sup>	12	21	34	63	102	153	203
$N_m/P_m$	100.6	36.5	11.8	4.8	2.5	1.6	1.2
$N_o$ , мг/м <sup>3</sup>	983	1266	1510	1572	1600	1601	1601
$P_o$ , мг/м <sup>3</sup>	41	71	101	123	138	148	157
$N_o/P_o$	23.0	17.6	14.9	12.8	11.5	10.8	10.2
Собственно море							
Пиррофитовые водоросли, мг/м <sup>3</sup>	3049	5333	7611	9556	9388	9237	9243
Диатомовые водоросли, мг/м <sup>3</sup>	960	1683	2411	3332	4647	4815	4821
$N_m$ , мг/м <sup>3</sup>	1739	1257	777	351	235	224	224
$P_m$ , мг/м <sup>3</sup>	10	18	26	37	65	122	182
$N_m/P_m$	174.0	69.8	29.9	9.5	3.6	1.8	1.2
$N_o$ , мг/м <sup>3</sup>	449	771	1094	1303	1443	1448	1449
$P_o$ , мг/м <sup>3</sup>	35	62	88	114	131	132	132
$N_o/P_o$	12.7	12.5	12.4	12.1	11.0	10.9	10.9

скольку в ней концентрации азота и фосфора близки к их содержанию внутри клеток водорослей. Напротив, аллохтонная органика не «отфильтрована» водорослями, и в ней отношение  $N/P$  может значительно варьировать. Такое обоснование доминирующей роли автохтонной органики в определенном смысле косвенно. Используя описанный ранее метод «замораживания процессов», возможно и прямое доказательство этого тезиса. Для этого выделим в «чистом виде» указанные факторы.

Положим в модели начальную биомассу всех видов микроорганизмов равной нулю, а химический речной сток представим в органической форме. Тогда в рамках подсистемы «водоросли — био-

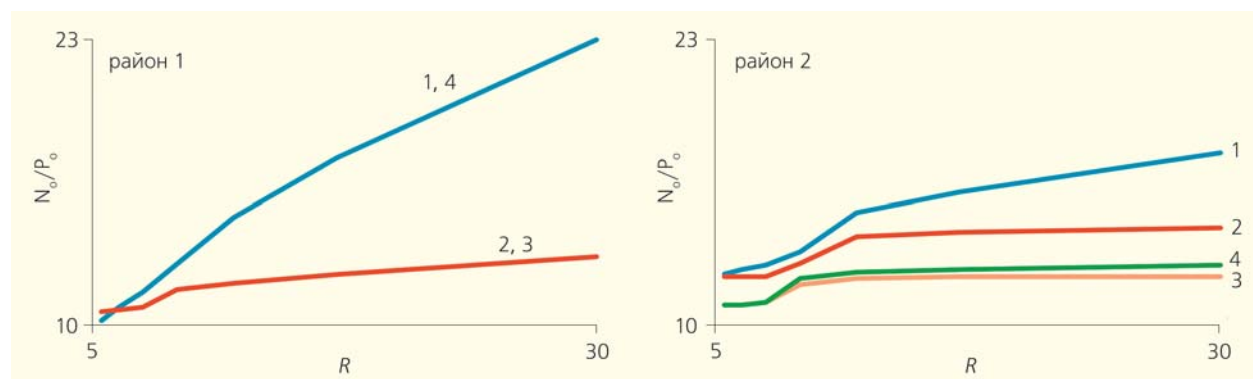


Рис.4. Отношение  $N_o/P_o$  в зависимости от вариации  $R$  для четырех сценариев: Дон → ТЗ → ТЗ (1); Дон → СМ → ТЗ (2); Дон → СМ → СМ (3); Дон → ТЗ → СМ (4). Пояснения см. в тексте.

**Таблица 2**

**Среднегодовые характеристики биогенных веществ в системе Дон → ТЗ → СМ (биогенный сток представлен в минеральной форме)**

Характеристика	R						
	2400/80	2400/140	2400/200	2400/260	2400/320	2400/380	2400/440
Таганрогский залив							
N <sub>o</sub> , мг/м <sup>3</sup>	432	759	1081	1250	1315	1326	1387
P <sub>o</sub> , мг/м <sup>3</sup>	33	59	84	103	116	118	118
N <sub>o</sub> /P <sub>o</sub>	13.0	12.8	12.8	12.1	11.3	11.2	11.2
Собственно море							
N <sub>o</sub> , мг/м <sup>3</sup>	433	775	1109	1398	1465	1469	1470
P <sub>o</sub> , мг/м <sup>3</sup>	35	64	91	117	132	134	134
N <sub>o</sub> /P <sub>o</sub>	12.7	12.2	12.1	12.0	11.0	11.0	11.0

генные элементы» автохтонная органика не образуется, а наблюдается динамика аллохтонного вещества, испытывающего действие процессов распада и переноса. Оказалось, что здесь соотношения органических форм N и P весьма неустойчиво, и это доказывает дестабилизирующую роль аллохтонного органического вещества.

Далее, пусть химический речной сток представлен в минеральной форме, а биомассу водорослей выберем положительной. В этом случае образуется автохтонная органика. Отношение органических форм N и P мало изменяется в каждом из районов, и, значит, автохтонное органическое вещество оказывает стабилизирующее влияние.

И наконец, предположим, что, как и прежде, биогенный сток в модели представлен в органической форме, а начальные значения биомассы водорослей положительны. Теперь возникает смесь аллохтонных и автохтонных органических веществ. Согласно специальным расчетам, в районе 2 (большом) доля автохтонного органического вещества существенно превосходит долю аллохтонного. Поэтому здесь наблюдается устойчивое соотношение органических форм азота и фосфора. Данное явление стабилизации величины N<sub>o</sub>/P<sub>o</sub> будет иметь место для всех высокопродуктивных и слабопроточных водоемов.

## Литература

1. Современный и перспективный водный и солевой баланс южных морей СССР / Под ред. А.И.Симонова, Н.П.Гоптарева // Труды ГОИН. 1972. Т.108.
2. Бронфман А.М., Дубинина В.Г., Макарова Г.Д. Гидрологические и гидрохимические основы продуктивности Азовского моря. М., 1979.
3. Retane A. Die Brackwasserfauna // Verhandlungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft. 1934. V.36. P.34—74.
4. Ушатинская Р.С. Скрытая жизнь и анабиоз. М., 1990.
5. Ильичев В.Г. Устойчивость, адаптация и управление в экологических системах. М., 2009.
6. Фурсова П.В., Левич А.П. Математическое моделирование в экологии сообществ // Проблемы окружающей среды. М., 2002.
7. Dobzhansky Th. Genetics of the evolutionary process. N.Y., 1970.
8. Ильичев В.Г. Вычислительные эксперименты в поиске причин возникновения дисбаланса азота и фосфора в Азовском море // Математическое моделирование. 2006. Т.18. №2. С.89—100.
9. Студеникина Е.И., Алдакимова А.Я., Губина Г.С. Фитопланктон Азовского моря в условиях антропогенных воздействий. Ростов-на-Дону, 1999.

Эта концепция о доминирующей роли автохтонной органики в Азовском море позволяет объяснить многие неожиданные явления. Рассмотрим два содержательных примера.

1. Проведем дополнительный модельный эксперимент, когда C<sub>N</sub> и C<sub>P</sub> соответствуют содержанию минеральных форм азота и фосфора в донском стоке (органические формы биогенных веществ в речном стоке отсутствуют). Здесь не только в СМ, но уже и в ТЗ наблюдается устойчивость отношения N<sub>o</sub>/P<sub>o</sub>.

(табл.2). Это связано с тем, что теперь органическое вещество ТЗ формируется только за счет автохтонной органики (отмершего фитопланктона).

2. Для Азовского моря рассмотрим два периода наблюдений: 1958—1968 и 1988—1998 гг. [9]. В первом случае N<sub>m</sub> = 83 мг/м<sup>3</sup>, N<sub>o</sub> = 1067 мг/м<sup>3</sup>, P<sub>m</sub> = 6.2 мг/м<sup>3</sup>, P<sub>o</sub> = 91.5 мг/м<sup>3</sup>. Значит, N<sub>m</sub>/P<sub>m</sub> = 13.4 и N<sub>o</sub>/P<sub>o</sub> = 11.7. Во втором периоде N<sub>m</sub> = 102 мг/м<sup>3</sup>, N<sub>o</sub> = 672 мг/м<sup>3</sup>, P<sub>m</sub> = 9.7 мг/м<sup>3</sup>, P<sub>o</sub> = 29.2 мг/м<sup>3</sup>. Поэтому N<sub>m</sub>/P<sub>m</sub> = 10.5 и N<sub>o</sub>/P<sub>o</sub> = 23. В чем же причина значительного роста отношения N<sub>o</sub>/P<sub>o</sub> во втором случае? Оказывается, в это десятилетие увеличился объем речного стока, и следовательно, произошло существенное опреснение Азовского моря. В результате возросло количество цианобактерий и, соответственно, их доля в мертвом органическом веществе. Осталось только сказать, что отношение N/P у цианобактерий наибольшее.

В заключение отметим, что в Азовском море действуют своеобразные «экологические качели», а именно: увеличение объема стока рДон автоматически вызывает падение величины N<sub>m</sub>/P<sub>m</sub> и одновременно рост отношения N<sub>o</sub>/P<sub>o</sub>. Напротив, уменьшение стока приводит к противоположному «движению» этих характеристик. А ключевую роль в этом механизме, как оказалось, играют цианобактерии. ■



# Геномы и геология

М.С.Гельфанд

Эволюционная биология всегда имела много точек соприкосновения с геологией — начиная еще с Ч.Дарвина. Традиционная задача палеонтологии — калибровка филогенетических деревьев, построенных методами молекулярной эволюции. Кстати, идея использовать аминокислотные последовательности белков, чтобы строить филогенетические деревья, восходит к другому классическому — Ф.Крику, а ее первое воплощение — к Л.Полингу и Э.Цукеркандлю [1, 2]. Топология дерева определяется сходством последовательностей. Длина ветвей выражается в числе аминокислотных замен, а точнее — в условных единицах, отражающих сходство физико-химических характеристик аминокислотных остатков. Пересчет в астрономическое время осуществляется благодаря привязке внутренних узлов дерева (например, общего предка млекопитающих, или птиц, или позвоночных) к палеонтологической летописи, а именно к появлению в ней соответствующих организмов. С развитием сравнительной геномики появились работы, в которых эту привязку делают менее привычными способами, что иногда приводит к неожиданным результатам. Рассмотрим несколько таких случаев, двигаясь в направлении, противоположном стреле времени.

## Грибы и уголь

Грибы, разлагающие мертвое дерево, традиционно делят на белые гнили, которые способны разлагать лигнин — один из основных компонентов стенки растительных клеток, и бурые — только модифицирующие его. Это не таксономическая классификация, поскольку белые гнили встречаются в разных семействах (к ним, например, относятся опять и некоторые другие съедобные гри-



**Михаил Сергеевич Гельфанд**, доктор биологических наук, профессор, член Европейской академии, заместитель директора Института проблем передачи информации им.А.А.Харкевича РАН, профессор факультета биоинженерии и биоинформатики Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — биоинформатика, молекулярная эволюция, системная биология, сравнительная и функциональная геномика, метагеномика.

**Ключевые слова:** геномика, калибровка филогенетических деревьев, биоинформатика.

**Key words:** genomics, calibration of phylogenetic trees, bioinformatics.

бы). Лигнин разрушают особые ферменты — пероксидазы класса II, но среди них есть и такие, которые это вещество не разлагают. Отличить одни от других можно по аминокислотной последовательности: у лигнинолитиков на определенных позициях непременно присутствуют конкретные аминокислоты, которых нет у пероксидаз, неспособных к деградации лигнина. Этот процесс дает грибу доступ к его основному источнику углерода и энергии — целлюлозе, разложение которой, в свою очередь, зависит от ферментов из нескольких семейств оксидоредуктаз и гликозидаз.

Группа ученых США из Университета Кларка и Объединенного геномного института сравнила полные геномы 31 вида грибов, расшифрованные по большей части впервые (кстати, одним из руководителей этого проекта был наш соотечественник — И.В.Григорьев, ученик А.А.Миронова) [3]. Оказалось, что у всех белых гнилей в геноме присутствуют от 5 до 26 копий генов лигнинолитических пероксидаз, а у бурых гнилей их нет вовсе. Филогенетическая реконструкция показала, что появление таких генов и бурный рост их количества в геномах совпадает по времени с возникновением класса агарикомицетов (Agaricomycetes), к которым относится, например, красный мухомор. Это произошло примерно 290 млн лет назад (дата установлена благодаря привязке к палеонто-

логическим данным). Также выяснилось, что у белых гнилей резко возрастает количество генов, кодирующих белки из нескольких семейств оксидоредуктаз и гликозидаз. А вот утрата этих генов сопровождается обратным переходом от общего предка — белой гнили — к современной бурой, утратившей способность к разложению лигнина.

Лигнин — основной компонент угля, залежи которого перестали формироваться на рубеже каменноугольного и пермского геологических периодов. Как раз около 290 млн лет назад формирование угольных отложений прекратилось, что по времени совпадает с появлением белых гнилей.

Впрочем, ситуация, по-видимому, не так проста, как описано в исходной публикации. Позже та же научная группа описала грибы, в геномах которых отсутствуют гены лигнинолитических пероксидаз [4]. Однако и обилие генов, кодирующих ферменты, которые разрушают целлюлозу, и экспериментально доказанная способность разлагать все компоненты клеточной стенки позволяют относить эти грибы к белым гнилям.

## Цианобактерии и кислород

Пожалуй, самой страшной экологической катастрофой в истории Земли было изобретение цианобактериями эффективного оксигенного (идущего с выделением кислорода) фотосинтеза. Побочный продукт этого процесса — молекулярный кислород — отравил большую часть существовавших видов. Остатки бывшего разнообразия анаэробов сохранились в разного рода экзотических (с человеческой точки зрения) местах, вроде окрестностей подводных термальных источников.

Многие исследователи изучали происхождение фотосинтеза. Они сравнивали наборы генов, отвечающих за этот процесс, у бактерий из пяти таксономических групп, способных к фотосинтезу [5–7]. Оказалось, лишь немногие гены характерны строго для фотосинтезирующих бактерий, причем все они участвуют в синтезе бактериохлорофилла. Другие гены, продукты которых работают в путях синтеза хлорофилла, каротиноидов, кобаламина (витамина B12), а также непосредственно в фиксации углерода и в восстановлении активных форм кислорода, встречаются и в нефотосинтезирующих бактериях, а значит, были рекрутированы в систему фотосинтеза из других функциональных систем. При этом существующие системы фотосинтеза — мозаика генов, которые неоднократно переходили между геномами из далеких друг от друга таксономических групп в результате горизонтального переноса. Наряду с этим возникший позже оксигенный фотосинтез уникален для цианобактерий.

Это дает возможность калибровать очень «глубокие» филогенетические деревья, опираясь на — геохимические признаки присутствия молекулярного кислорода в атмосфере,

— находки бактериальных матов (биоценозов, состоящих из прокариот и располагающихся на дне водоемов или около них) несомненно цианобактериального происхождения,

— возраст (в аминокислотных заменах) последнего общего предка этих бактерий.

## Ферменты и металлы

Многие ферменты работают в комплексе с кофакторами, среди которых важное место занимают переходные металлы. Если современные ферменты из какого-то семейства имеют одного и того же «помощника», естественно предположить, что от него же зависела активность и предка этого семейства. Время появления этого предка можно оценить, изучив, в каких таксономических группах он встречается, и установив их последнего общего прародителя по филогенетическому дереву. Однако большие технические трудности связаны с горизонтальным переносом генов, который путает таксономическое распределение современных белков.

Чтобы справиться с этой проблемой, приходится разрабатывать специальные алгоритмы, как это сделала группа под руководством Э.Альма (E.Alm) из Массачусетского технологического института. В результате они обнаружили, что концентрация кислорода в атмосфере повышалась с архея и что появлялись все новые семейства ферментов, использующих для выполнения своей работы переходные металлы, доступность которых для живого организма зависит от глобального окислительно-восстановительного потенциала (рис.1) [8]. Ферменты, «эксплуатирующие» медь и молибден, возникли 2.5 млрд лет назад, и доля их постепенно росла — в соответствии с геохимическими представлениями о растворимости этих металлов во все более окисляющем океане. Такая датировка примерно совпадает с временем появления биогенных (образующихся за счет скопления скелетных частей или продуктов жизнедеятельности организмов) отложений молибдена.

Другой вывод этой работы — увеличение доли ферментов, зависящих от никеля, — объяснить сложнее. Согласно одним геохимическим исследованиям, концентрация растворенного никеля увеличилась в 10 раз по сравнению с протерозоем, а в соответствии с другими, она достигла максимума уже в архее и с тех пор постепенно уменьшалась. Мы с коллегами проанализировали белки, кофакторы которых — кобальт и никель, очень схожие химически. Выяснилось, что в бактериях и археях такие белки распределены мозаично, а у эукариот их распространение очень ограничено (при этом кобальт обычно не работает независимо, а входит в состав витамина B12) [9].

Самое же серьезное противоречие выводов Альма геохимическим представлениям состоит в следующем. Доступность железа должна умень-

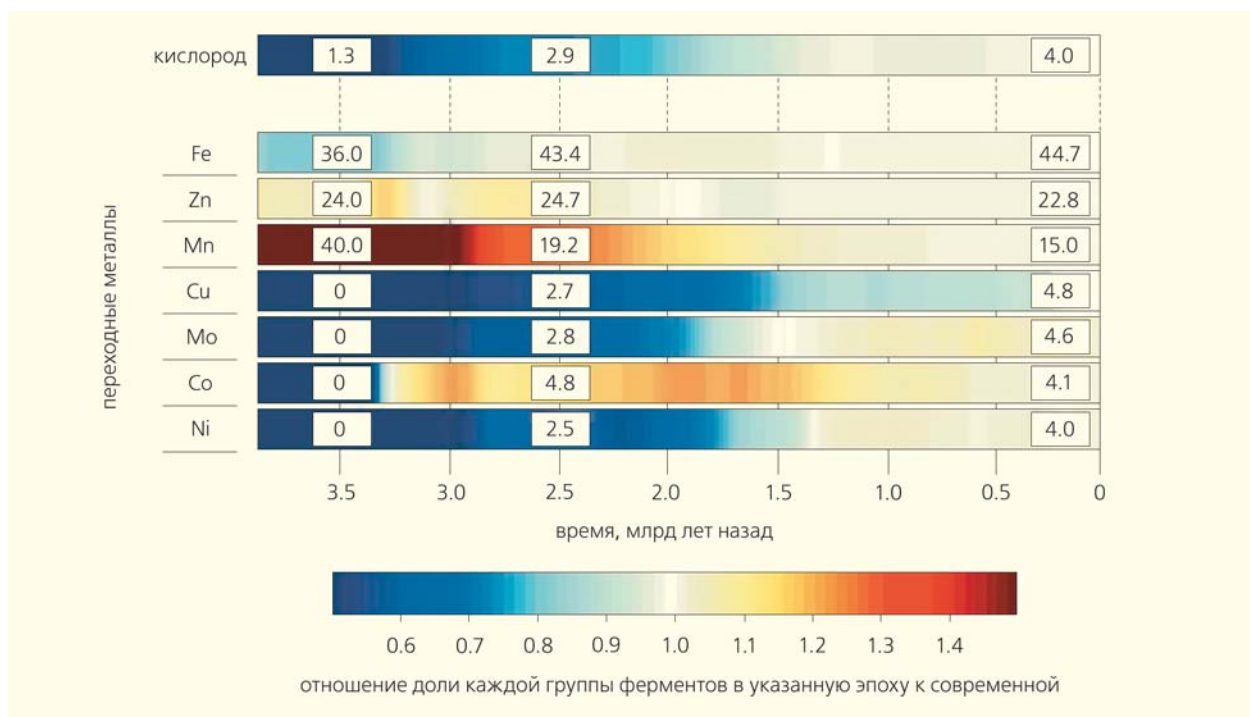


Рис.1. Относительная доля ферментов, связывающих кислород или использующих в качестве кофакторов различные переходные металлы, в разные геологические эпохи [8]. Числами в рамках обозначена доля (%) каждой группы ферментов в современное время (справа), на границе архея и протерозоя — 2.5 млрд лет назад (в середине) и во времена существования последнего универсального общего предка — 3.5 млрд лет назад. Например, 2.5 млрд лет назад 19.2% ферментов, использующих в качестве кофакторов переходные металлы, связывали марганец, что в 1.28 раза больше современных 15%.

шаться по мере увеличения концентрации кислорода, а значит, доля ферментов, использующих этот металл, также должна сокращаться. Однако этого не происходит: она даже немного растет. Возможно, это вызвано эволюционной инерцией. Единовременно отказаться от большого количества железозависимых ферментов организмам было сложно, и вместо этого они развивали системы добычания и запасаения железа — белок ферритин, сидерофоры (вещества, связывающие ионы железа для переноса внутрь клетки) и т.д. Альтернативным объяснением такой «неувязки» Альм считает то, что нерастворимость железа в современном океане искупается большим количеством этого металла, доступного в органической форме (видимо, запасенного в предыдущие эпохи). Кстати, увеличение общей доли ферментов, использующих для своей работы упомянутые металлы, произошло за счет резкого уменьшения доли ферментов, зависящих от марганца (см. рис.1). К сожалению, авторы статьи не обсуждают этот факт.

### Белки и температура Мирового океана

До сих пор мы обсуждали исследования, в которых по наборам белков, закодированных в различных геномах, реконструировали предковые

последовательности. Однако можно восстановить и сами прародительские белки. Институт астробиологии Национального аэрокосмического агентства США изучает жизнь на других планетах. На тех из них, которые доступны для наблюдения, признаков жизни пока не обнаружили. Поэтому данная организация изучает жизнь на Земле в прошлые эпохи, когда наша планета очень сильно отличалась от той, на которой мы сейчас живем.

Работы группы Э.Гоше (E.Gaucher) из этого института основаны на хорошо известном факте: термостабильность и температурный оптимум (интервал, в котором проявляется наибольшая активность) фермента, выделенного из какого-либо организма, как правило, коррелируют с температурой, при которой тот живет. Гоше воспользовался тем, что современные методы реконструкции филогенетических деревьев восстанавливают не только родственные отношения между белками, но и аминокислотные последовательности, находящиеся во внутренних узлах дерева, т.е. последовательности предковых белков, а также позволяют оценить их возраст. Далее стандартными методами молекулярной биологии, зная последовательности, можно получить сами белки и измерить их температурный оптимум или температуру плавления (денатурации).

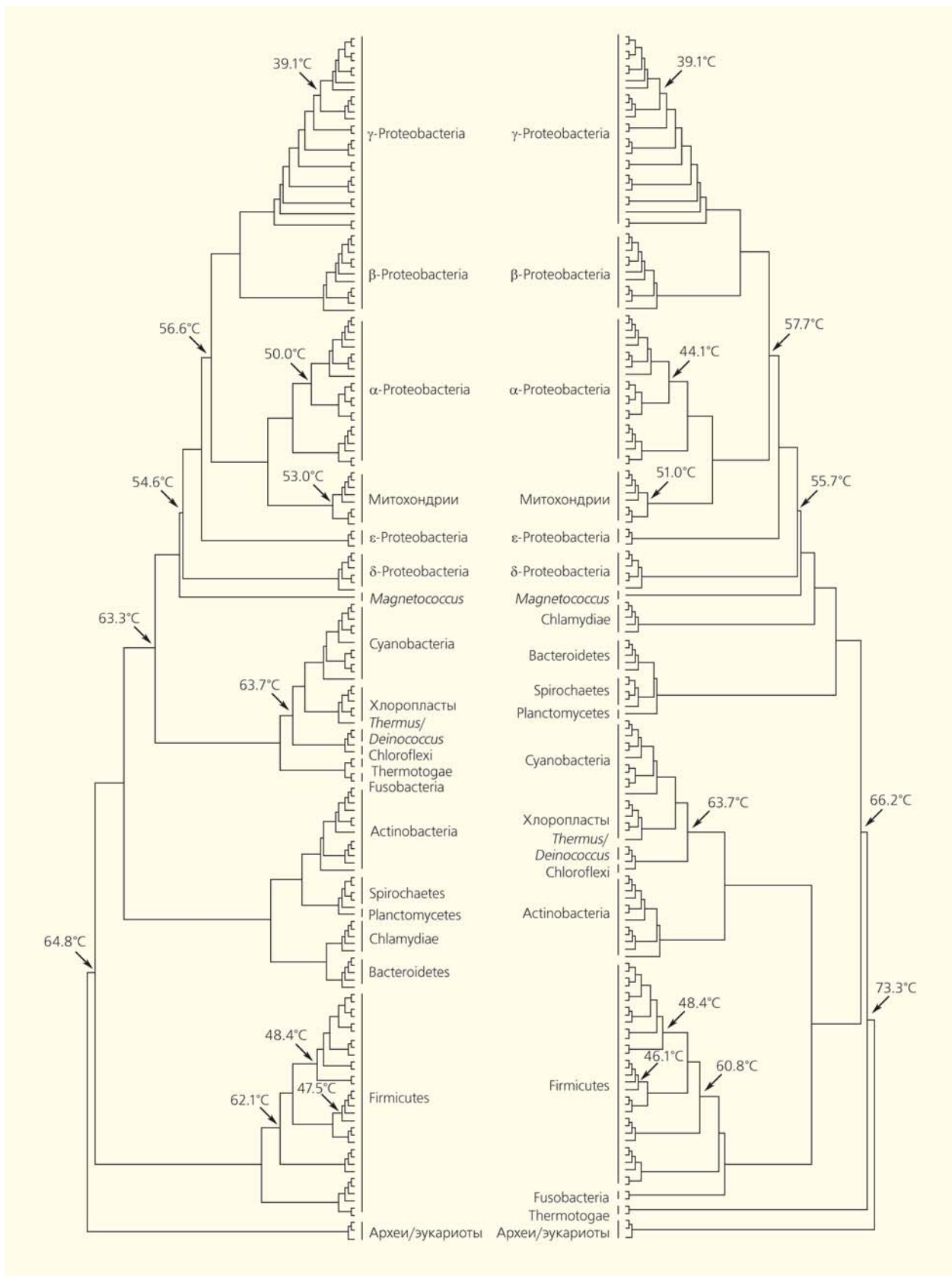


Рис.2. Два варианта филогенетического дерева семейства факторов элонгации трансляции EF-Tu [10]. Для предковых белков указана температура денатурации.



Исследователи работали с фактором элонгации трансляции EF-Tu (EF-1A) — очень консервативным белком, имеющимся у всех живых существ, от человека до кишечной палочки [10]. Ученые синтезировали предковые белки разного возраста, т.е. соответствующие различным внутренним узлам филогенетического дерева (рис.2). Когда их температуру денатурации сопоставили с температурой Мирового океана в соответствующие моменты времени, которую геологи восстановили по соотношению изотопов кислорода в древних породах, графики практически совпали, что весьма поучительно (рис.3).

Эта же зарубежная группа реконструировала древние тиоредоксины — белки, участвующие в окислительно-восстановительных процессах. Оказалось, что химические механизмы соответствующей ферментативной реакции не изменились за миллиарды лет, отделяющие нас от родоначальника бактерий, прародителя архей и последнего общего предка архей и эукариот [11]. Как и в случае с фактором элонгации трансляции, эволюция тиоредоксинов сопровождалась приспособлением к изменениям температуры и кислотности Мирового океана.

Сопоставление геномов ныне живущих организмов, а также анализ ДНК, выделенной из палеонтологических находок, существенно меняют наши представления о биологической эволюции.

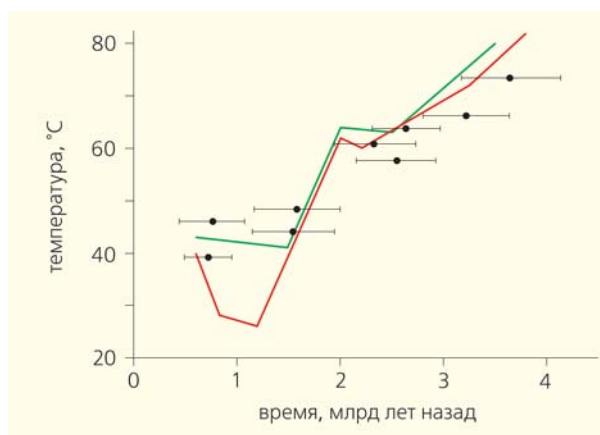


Рис.3. Температура Мирового океана (показана сплошными линиями) и температура денатурации предковых белков фактора элонгации трансляции EF-Tu (точки) в различные геологические эпохи [10]. Температура Мирового океана оценена по соотношению изотопов кислорода (двумя разными группами ученых — зеленая и красная линии). Черными отрезками изображены доверительные интервалы для времени существования предковых белков.

Но геномика, как мы убедились на нескольких примерах, может успешно взаимодействовать и с такой, казалось бы, далекой от нее областью науки, как геология. ■

Автор благодарен АЮ.Мулкиджаняну за обсуждение и советы.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект 14-24-00155).

## Литература

1. Crick F.H. On protein synthesis // Symp. Soc. Exp. Biol. 1958. V.12. P.138—163.
2. Zuckerkandl E., Pauling L. Molecules as documents of evolutionary history // J. Theor. Biol. 1965. V.8. P.357—366. doi:10.1016/0022-5193(65)90083-4
3. Floudas D., Binder M., Riley R. et al. The Paleozoic origin of enzymatic lignin decomposition reconstructed from 31 fungal genomes // Science. 2012. V.336. P.1715—1719. doi:10.1126/science.1221748
4. Riley R., Salamov A.A., Brown D.W. et al. Extensive sampling of basidiomycete genomes demonstrates inadequacy of the white-rot/brown-rot paradigm for wood decay fungi // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2014. V.111. P.9923—9928. doi:10.1073/pnas.1400592111
5. Xiong J., Fischer W.M., Inoue K. et al. Molecular evidence for the early evolution of photosynthesis // Science. 2000. V.289. P.1724—1730. doi:10.1126/science.289.5485.1724
6. Raymond J., Zhaxybayeva O., Gogarten J.P. et al. Whole-genome analysis of photosynthetic prokaryotes // Science. 2002. V.298. P.1616—1620. doi:10.1126/science.1075558
7. Nisbet E.G., Nisbet R.E. Methane, oxygen, photosynthesis, rubisco and the regulation of the air through time // Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci. 2008. V.363. P.2745—2754. doi:10.1098/rstb.2008.0057
8. David L.A., Alm E.J. Rapid evolutionary innovation during an Archaean genetic expansion // Nature. 2011. V.469. P.93—96. doi:10.1038/nature09649
9. Zhang Y., Rodionov D.A., Gelfand M.S. et al. Comparative genomic analyses of nickel, cobalt and vitamin B12 utilization // BMC Genomics. 2009. V.10. P.78. doi:10.1186/1471-2164-10-78
10. Gaucher E.A., Govindarajan S., Ganesh O.K. Palaeotemperature trend for Precambrian life inferred from resurrected proteins // Nature. 2008. V.451. P.704—707. doi:10.1038/nature06510
11. Perez-Jimenez R., Inglés-Prieto A., Zhao Z.M. et al. Single-molecule paleoenzymology probes the chemistry of resurrected enzymes // Nat. Struct. Mol. Biol. 2011. V.18. P.592—596. doi:10.1038/nsmb.2020

# Почему мы их так называем: таксономическая теория и номенклатура

И.Я.Павлинов

Разрабатываемая систематикой всеобщая научная классификация живых организмов представляема как написанный на специфическом языке текст, содержащий упорядоченную совокупность названий таксонов. При этом подразумевается, что каждый из них, выделенный и обозначенный определенным образом, соответствует некоторой существующей в природе группе организмов. Правильно называя конкретный организм, исследователь фактически указывает его принадлежность к некоторому таксону, а тем самым и его место в научной классификации. Это служит одним из ключевых условий предметности научного знания в биологии.

Фундаментальное значение описательного языка биологической систематики осознавалось с самого начала ее развития. Это достаточно ярко выразил один из отцов-основателей этой дисциплины, К.Линней, объявив классифицирование и именование (т.е. выделение и обозначение таксонов) двумя ее равновеликими «основаниями». И неудивительно, что второму из них на протяжении всей истории систематики уделялось немалое внимание, которое во многом было связано с разработкой *таксономической номенклатуры*. Она, как важная часть профессионального языка биологической систематики, представляет со-



**Игорь Яковлевич Павлинов**, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Зоологического музея Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область основных научных интересов — теория и история систематики и филогенетики, морфометрия, систематика млекопитающих. Автор более 20 научных и научно-популярных книг о животных, систематике и эволюции.

**Ключевые слова:** таксономическая теория, номенклатура, биологическая систематика

**Key words:** taxonomic theory, nomenclature, biological systematics.

бой совокупность принципов и правил именования и отчасти выделения *таксономических объектов* — таксонов, их рангов и их типов. На теоретическом уровне она организована в *номенклатурные концепции*, для практического применения которых разрабатываются *номенклатурные системы* и *кодексы* с конкретными *принципами и правилами*.

Разработка номенклатуры продолжается и по сей день, о чем свидетельствует появление во второй половине XX в. ее новых версий — *филономенклатуры* и *нумериклатуры*, отражающих «неклассические» идеологии профессионального языка систематики [1].

Вопросы о том, как и почему в систематике возникают номенклатурные концепции и принципы, чаще всего рассматриваются прагматически [2]. В нашей же статье речь пойдет о теоретической основе таксономической номенклатуры, включающей элементы натурфилософии [3]. Такой угол зрения, возможно, заинтересует тех, кого занимают основы биологической систематики со всем многообразием ее проявлений, включая язык описания мира живых организмов.

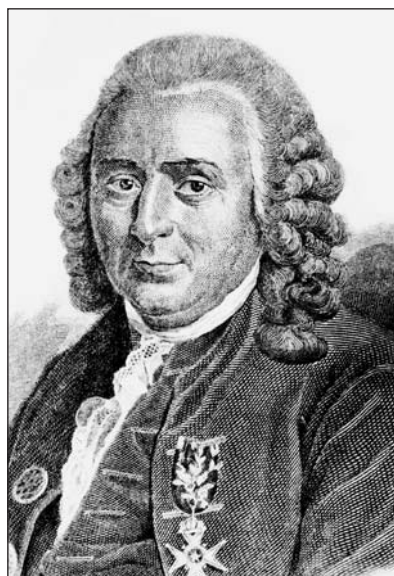
## Элементы онимологии

Новейший этап развития теоретических оснований языка систематики во многом связан с попыткой переосмыслить структуру биологического разнообразия. Важной частью разработки языка систе-

матики стал интерес к базовым регуляторам таксономической номенклатуры, т.е. к причинам и факторам ее развития, структуры и функционирования. Обсуждаются вопросы о концепциях номенклатуры, об основах и относительной значимости ее ключевых принципов, о семантике таксономических названий и др. Этот интерес вылился в начальное оформление дисциплины, исследующей номенклатуру с достаточно общих позиций, которую предложено называть *онимологией*, или *таксонимией* [1, 4]. Ее важнейшая задача — найти регуляторы самой таксономической номенклатуры и ответить на вопросы, каким образом и почему именно такие правила именования организмов складываются на том или ином этапе развития систематики.

Для биолога-систематика особое значение имеют таксономические регуляторы номенклатуры, которые устанавливают ее связь с таксономической теорией. Главное здесь — то, как понимание природы объектов систематики (например, реальные они или номинальные) влияет на способы их обозначения.

Такая постановка вопроса для номенклатуристов-практиков кажется неуместной и даже парадоксальной. Действительно, в вводных разделах почти всех действующих и проектируемых кодексов (за исключением «Филокодекса» [5]) заявляется, что они относятся только к названиям и не регламентируют способы решения конкретных классификационных задач. Однако эта общая декларация не совсем верна: на деле номенклатурные кодексы регулируют не только обозначения таксономических объектов, но и сами эти объекты. В первом случае речь идет о том, как надлежит образовывать, присваивать, менять обозначения таксонов и рангов, во втором — как следует их фиксировать (выделять, объединять и т.п.). Разумеется, решения этих задач регламентируются лишь в той мере, в какой они влияют на собственно именование. Однако это не означает, что кодексы вовсе не затрагивают классификационные задачи.



Карл Линней (1707—1778), шведский натуралист, завершивший схоластический этап развития систематики.

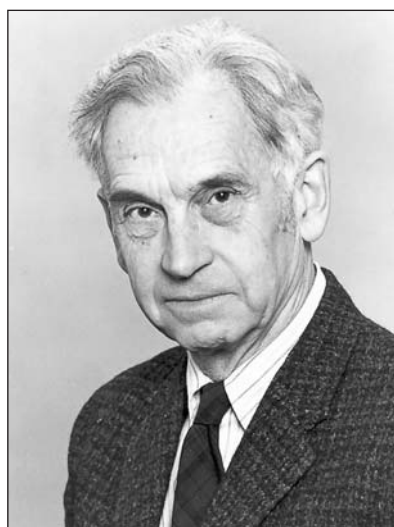
Такая сопряженность двух линнеевских «оснований» систематики принципиально важна для нормального функционирования языка таксономических описаний. Эта сопряженность обеспечивает более строгую связь между правилами обращения с таксономическими объектами и их обозначениями. И она же обуславливает развитие номенклатуры. Как подчеркивал один из крупнейших систематиков-эволюционистов XX в. Э.Майр, номенклатурные «правила должны меняться в соответствии с развитием концепции таксономии» [6]. Признание этого должно быть признанием — одно из необходимых условий при поиске ответов на «основной вопрос» таксономической номенклатуры: речь должна идти о выявлении причин, ответственных за раз-

витие языка таксономических описаний вслед за развитием таксономической теории.

### Немного когнитивистики

Для того чтобы понять «философическую» подоплеку связи между таксономической теорией и номенклатурой в общем виде, следует совершить краткий экскурс в *когнитивистику*. Этот блок дисциплин, исследующих природу познавательной деятельности человека, начал складываться во второй половине XX в. Входящая в него когнитивная лингвистика рассматривает среди прочего связь между структурами познаваемой реальности и ее описательного языка. Понимание неслучайного характера этой связи позволяет лингвистам-когнитивистам говорить о «языковой картине мира» [7].

Одно из ключевых в когнитивистике — понятие *познавательной ситуации*, которая формируется при активном участии познающего субъекта. Как утверждает основатель биосемантики Я. фон Икскуль, в каждой конкретной познавательной ситуации присутствует не объективная реальность как таковая («мир вообще», *Umwelt*), а некий воспринимае-



Эрнст Майр (1904—2005), американский зоолог-систематик, уверявший, что «номенклатура должна меняться вместе с теорией систематики».





Якоб фон Иксюль (1864—1944), российский (эстляндский) зоопсихолог и философ-когнитивист.

мый, осознаваемый и описываемый субъектом ее фрагмент — субъективная реальность («мир для себя», *Umwelt*) [8]. С такой позиции систематика изучает и описывает не тотальное разнообразие организмов, а лишь так или иначе фиксированный конкретный «мир для себя», т.е. то, что с недавних пор принято обозначать как *таксономическую реальность*. С позиции когнитивной лингвистики, таксономическая номенклатура есть часть «языковой картины» этой реальности, и между ними должно существовать определенное соответствие.

Семантическая мотивация способов определения названной реальности может быть весьма разной в зависимости от того, кто/что выступает в качестве субъекта-систематизатора, и от его исходной когнитивной установки. Но в любом случае

его «мир для себя» выстраивается из фиксированных концептов, соответствующих тем объектам живой природы, которые представляются субъекту более значимыми в сравнении с другими.

В простейшем варианте, характерном для так называемой народной систематики (фолк-таксономии), речь идет о некоей «интуитивной онтологии», присущей древним людям. В ней ключевыми регуляторами служат прагматические критерии, вырабатываемые жизненными потребностями. Согласно этому, в «мир для себя» фолк-систематизаторы включают, классифицируют и именуют животные и растительные организмы согласно их значению для выживания человеческого племени. Этот начальный этап развития систематики и ее описательного языка (фолк-номенклатуры) достаточно активно и успешно исследуется на протяжении последних десятилетий этнобиологией и этнолингвистикой.

На более продвинутых этапах развития познавательной деятельности, начиная с Античности, активно включаются элементы рациональной онтоэпистемологии. Согласно этому, познаваемой реальности приписываются те или иные фундаментальные свойства — прежде всего ее подчинение неким законам природы, делающее реальность в принципе познаваемой рациональными средствами (в том числе алгоритмизованным классифицированием). Очевидно, что эта реальность — не «мир вообще», в котором присутствуют и элементы стохастики, а конструктивно (рационально) заданный «мир для себя». Конструктор последнего — не что иное как теория в самом общем ее понимании; разрабатывающие и применяющие ее исследователи выступают в качестве субъектов в познавательной ситуации.

Начиная с XVI в. по мере развития биологической систематики конструктор ее «мира для себя» приобретал черты конкретной таксономической теории. Вернее, следует говорить о нескольких частных теориях, каждая из которых формирует свою «таксономическую реальность» и вырабатывает ее специфический язык [9]. Такие примеры достаточно хорошо известны — это схоластическая систематика, типология, «естественная» систематика, филогенетика, фенетика и т.п.

### Теоретический груз в номенклатуре

Общая идея всех таксономических и связанных с ними номенклатурных концепций заключается в признании осмысленности и правомочности выделения, описания и обозначения лишь тех объектов, которые составляют часть данной конкретной «таксономической реальности». Она, как уже говорилось, зависит от базовой таксономической теории, косвенно регулирующей описательный язык систематики. Такова авторская позиция, вытекающая из принятой за основу когнитивистской моде-

ли и определяющая все последующее изложение.

В научной систематике Нового времени лейтмотив формирования ее описательного языка исходно был задан доминировавшей на протяжении XVI—XVIII вв. эссенциалистской доктриной. Ее ядро составляет сущностное видение живой природы, которая как часть входит во всеобщую Естественную систему с объективно существующими группами. Согласно этому, каждый организм наделен некой сущностью, которая задает его место в названной Системе. Классифицирование сущностей разного порядка (первого, второго и т.д.) позволяет выделить «естественные» группы организмов разной общности (виды, роды и т.п.) как базовые элементы Естественной системы. Именно и только такие группы есть объекты приложения таксономической номенклатуры, которая и разрабатывается для их обозначения. И наоборот, группы, не отвечающие этому критерию естественности, в систематике эссенциалистского толка исключаются из классификационной и номенклатурной деятельности.

Так на раннем этапе научной систематики закладывались когнитивные основания современной таксономической номенклатуры, сугубо теоретически определяющей опознаваемые и именуемые объекты. Об этой общей норме писал Линней в «Основаниях ботаники» и «Философии ботаники», требуя выделять и именовать только «достоверные» (в его терминологии) роды. В начале XIX в. сходные мысли высказывал в «Элементарной теории ботаники» О.-П. де Кандоль — один из разработчиков теории «естественной» систематики и автор свода номенклатурных правил: он писал об именовании «естественных» групп. Несколько позже английские ботаники-систематики Дж.Бентам и Дж.Хукер предложили так называемые «Правила Кью». В них понятие «истинного рода» — центральное, на его основе трактуются некоторые важные номенклатурные нормы (например, определение старшинства синонимов).

Такая общая схема аргументации сохранена как основа и в таксономических теориях, осваивающих эволюционную идею. В них «естественными» («достоверными», «истинными») признаны лишь те группы, которым можно приписать статус неких «эволюционных единиц». Именно они составляют основу специфического «мира для себя» в систематике этого направления, что неизбежно сказывается на разрабатываемой таксономической номенклатуре. Так, ведущие номенкла-



Огюстен-Пирам де Кандоль (1778—1841), швейцарский и французский ботаник, автор первого постлиннеевского свода правил номенклатуры.

туристы середины XIX в. ботаник А. де Кандоль (сын и продолжатель дела отца, О.-П. де Кандоля) и зоолог У.Долл в своих номенклатурных проектах со ссылкой на концепцию Дарвина особо подчеркивали необходимость присвоения внутривидовым таксономическим группам такого же фундаментального статуса, как и видам (у Линнея они имели второстепенное значение), и применения к ним единых номенклатурных правил. Несколько позже американские орнитологи на основе все тех же дарвиновских воззрений провозгласили, что линнеевская «биномиальная» номенклатура устарела и должна быть заменена «триномиальной», соответствующей новому этапу развития теории систематики и ее языка. Наконец, идеологи уже упомянутой

новейшей филономенклатуры признают заслуживающими внимания и именования лишь филогенетически «естественные» монофилетические группы, выделяемые в филогенетически заданном «мире для себя».

Неявное присутствие теоретического груза в языке систематики иной раз принимает курьезную форму. Так, в Кодексе зоологической номенклатуры рекомендуется описывать только «реальные», а не «гипотетические» таксоны: этот пункт направлен в основном против объектов криптозоологии. Курьез здесь в том, что всякое суждение о «таксономической реальности», включая выделение и ранжирование таксонов, представляет собой гипотезу. Она выдвигается в рамках определенной таксономической теории как конструктора названной реальности: следовательно, понимание «реальности» таксона теоретико-зависимо.

### Эссенциализм и номинализм в номенклатуре

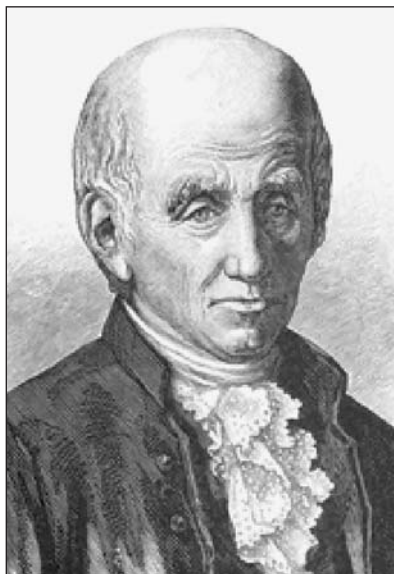
Влияние таксономической теории наиболее ярко проявляется при сравнении концепций, подразумевающих разную онтологию исследуемой систематикой «таксономической реальности». В связи с этим особо наглядно и потому интересно сравнение двух наиболее общих номенклатурных концепций — эссенциалистской и номиналистической. Противостояние между ними обозначилось в конце XVIII — начале XIX вв. при переходе от схоластической к современной постсхоластической систематике, концепции которых различаются базовой натурфилософией [1].

Эссенциалистская концепция, с которой началась история профессионального языка биологической систематики, в своей основе реалистическая. Она исходит из ключевых положений античной натурфилософии, частично уже упомянутых. Разного порядка эйдосы (по Платону), или сущности (по Аристотелю), реальны (объективны), как реальны и порождаемые ими группы организмов разного уровня общности: все они — действительно существующие в природе «естественные» объекты. Каждому эйдосу (каждой сущности), а тем самым и каждой такой группе организмов соответствует определенное название, которое Линней считал «истинным», или «подходящим». Между объектом и его «истинным» названием имеется тесная связь: оба они — проявления единого эйдоса, или выражения одной сущности. Следовательно, постичь «истинное» название объекта, значит постичь его сущность (породивший его эйдос), а тем самым и его место в Системе природы. Напротив, «неистинное», или «неподходящее», название может лишь закрыть собой эйдос (сущность) и воспрепятствовать постижению действительной природы объекта (группы организмов). Поэтому только «истинные» названия имеют право на существование в систематике, все прочие должны отвергаться.

Как видно, таксономические названия в эссенциалистской концепции семантически мотивированы вполне определенно: они должны выражать сущностные свойства организмов. В таком контексте более чем прозрачными становятся афористические высказывания отцов-основателей систематики и номенклатуры: что «знание растений равносильно знанию их названий» (Турнефор), и что «если не знаешь названий, то теряешь и познание вещей» (Линней).

Здесь следует обратить внимание на следующее важное обстоятельство. В рамках такой онтологии два линнеевских «основания» систематики — выделение групп организмов и их именование — оказываются взаимообусловленными. Оpoznать «естественную» группу, наделенную сущностью того или иного порядка, и опознать ее «истинное» имя — неразрывные составляющие единого познавательного акта. Иными словами, классифицирование и номенклатура — почти одно и то же.

Номиналистическая концепция основана на отрицании аристотелевых сущностей и тем более платоновских эйдосов, а значит и реальности



Мишель Адансон (1727—1806), французский естествоиспытатель и путешественник, основоположник современной концепции номиналистической номенклатуры.

(объективности) порождаемой ими иерархии групп организмов: их попросту нет в природе. Названия не характеризуют сущности организмов, а просто обозначают более или менее произвольно выделяемые их группы. Данная позиция выражена формулой «название — это просто название». Если семантическая мотивация в таких названиях и присутствует (например, они могут быть эпонимами), то не имеет отношения к сущностям обозначаемых ими организмов.

Эта номенклатурная концепция стала активно разрабатываться и утверждаться в систематике во второй половине XVIII в. Ее онтологическую основу первоначально составила натурфилософская концепция Всеобщей цепи бытия (она же — Лестница совершенствования), весьма популярная в среде французского Просвещения. Данную концепцию

впервые провозгласил М. Адансон. В своем своде номенклатурных принципов он отверг сущностное толкование таксонов и их названий и заявил, что классифицирование и именование — разные по своему содержанию задачи и их следует строго разграничивать. Так классифицирование и номенклатура (два «основания» систематики) оказались разделенными в таксономической теории и практике. При этом номенклатуре, лишенной статуса равновеликого «основания» систематики, было приписано сугубо второстепенное значение по сравнению с классифицированием.

Важная особенность эссенциалистской номенклатуры, как подчеркивал Линней, состоит в необходимости замены «неподходящих» названий на «истинные». Но разные систематизаторы могли понимать сущности организмов по-разному и называть их «истинно» каждый по-своему (они горячо спорили по этому поводу), а это неизбежно порождало хаос описательных названий. Номиналистическая номенклатура свободна от этого требования: согласно ее основному положению («название — это просто название»), обозначение таксона может быть произвольным и не должно меняться по желанию систематизатора в зависимости от его взглядов на «природу вещей». Такого рода номинализм стал ключевым условием для реализации главного назначения всякой номенклатурной системы — обеспечения стабильности и универсальности таксономических названий. И это послужило одной из основных причин отказа от эссенциализма и перехода к номинализму в понимании таксономической номенклатуры.



## Рангозависимая номенклатура

Наглядным проявлением природы таксономической номенклатуры, зависимой от теории, служит ее ранговый характер. Последнее означает, что названия таксонов разных рангов образуются по собственным правилам. Эта общая норма, заложенная в XVII—XVIII вв., считается одной из ключевых в ныне действующих кодексах [4]. Анализ этих правил позволяет показать, каким образом устанавливается и проявляется связь между таксономической теорией и номенклатурой. Для этого полезно очень кратко вспомнить историю развития некоторых теоретических воззрений в систематике [9].

Начать следует с того, что вообще иерархический принцип организации классификаций, сегодня обычно рассматриваемый как методологический, изначально нагружен натурфилософией. В его основе лежит платоновская картина мира как последовательная эманация эйдосов разного уровня общности. На уровне эпистемологии этому соответствует общий принцип иерархического дедуктивного деления понятий, обозначающих эйдосы, — от наиболее общих к частным. Неоплатоники в IV—V вв. воплотили его в логическую классификационную родо-видовую схему, известной графической иллюстрацией которой служит «дерево Порфирия». С освоения этой схемы в XVI—XVII вв. началась научная систематика в ее схоластической версии, нацеленная на иерархическое представление разнообразия сущностей живых организмов.

В рамках названной схемы каждая выделяемая группа организмов (точнее, определяющая ее сущность того или иного порядка) обозначается через «ближайший род и видовые особенности» («род» и «вид» здесь понимаются логически). Это делает полное название такой группы *бинарным*: состоящим из двух частей — родовой и видовой. Согласно эссенциалистской традиции, в каждой из этих частей слов столько, сколько требуется для выражения сущности данной группы. Упрощенная модификация такой общей бинарной схемы — *биномиальная* номенклатура, в которой двухчленность сохраняется только за обозначениями видов, при этом обе части биномена должны быть однословными. Из этого видно, что, во-первых, современная биномиальность есть следствие схоластической бинарности и, во-

вторых, эти два понятия следует различать, их отождествление некорректно.

Иерархия родовидовой схемы изначально безранговая: выделяемые в ней уровни общности не фиксированы ни содержательно, ни (за исключением высшего и низшего уровней) терминологически. Первичная смысловая и терминологическая фиксация рангов приходится на завершение схоластического этапа развития систематики. При этом закладываются важные особенности рангозависимой номенклатуры, обусловленные тем, что ранние номенклатуристы по-разному понимали онтологический статус групп разного уровня общности (таксонов разного ранга): одни из них — «произведения природы», другие — главным образом «произведения искусства».

Основное внимание систематизаторы-схоласты уделяют роду как фундаментальной единице Системы природы. Это выражено максимой у Цезальпина (с него начинается история современной научной систематики) и у Линнея: «если перепутать роды, неизбежно перепутается все». Восприятие рода как некоей природной «единичности» приводит к тому, что его название — однословное существительное в *единственном* числе. Вид представляется просто как детализация родовой сущности, поэтому для его обозначения чаще всего используется описательное *прилагательное*. Указанное различие в некоторых номенклатурных системах узаконено специфической терминологией: род обозначается *названием*, тогда как вид — просто *эпитетом*. Поскольку вид



Дерево Порфирия — схема дедуктивного родовидового деления понятий, породившая бинарную номенклатуру.



Андреа Чезальпино, или Цезальпин (1519—1603), итальянский врач, ботаник и философ, открывший эру современной биологической систематики.

имеет подчиненное значение по отношению к роду, видовой эпитет сам по себе не имеет смысла: таковым его наделяет лишь соотнесение с родовым названием. Поэтому полное обозначение вида должно кроме этого эпитета содержать название включающего его рода, т.е. быть бинарным. Надродовая группа обозначается однословно (поскольку, согласно Линнею, это «высший род»), но ее название — существительное во *множественном* числе: это отражает представление о ней как о некоей совокупности родов, не имеющей статуса реальной природной единицы. Последнее обстоятельство освобождало эссенциалистов от необходимости указывать принадлежность вида к классу или порядку/отряду лексическими средствами (хотя такие предложения высказывались). Все эти номенклатурные особенности сохранены в ныне действующих кодексах.

На протяжении всей истории развития постсхоластической систематики и ранговая иерархия классификаций, и рангозависимый характер номенклатуры служили и служат объектом критики. На рубеже XVIII—XIX вв. против них выступали приверженцы идеи непрерывной Цепи бытия, во второй половине XX в. — идеологи классификационной фенетики, в самое последнее время — филогенетики, апеллирующие к безран-

говой иерархии филогенетических групп. Очевидно, что вся критика исходит из неких натурфилософских представлений о том, какова структура «таксономической реальности». В этом смысле она эквивалентна, пусть и с обратным знаком, изначальной философии сторонников ранговой иерархии.

### Несколько общих замечаний

Из всего предыдущего следует, что современная таксономическая номенклатура в той или иной мере или форме нагружена теоретически. В ней можно увидеть влияние базовых теорий, господствующих на определенном этапе развития систематики и ее профессионального языка.

Прежде всего следует подчеркнуть, что связь между таксономической теорией и таксономической номенклатурой задана не строго: между версиями той и другой *нет взаимно однозначного соответствия*. Это значит, что разные частные таксономические теории могут разрабатывать однотипные номенклатурные системы. И наоборот, в рамках одной таксономической теории могут уживаться разные версии номенклатуры. Оба варианта иллюстрирует развитие номенклатурных систем, связанных с таксономической иерархией. Безранговая иерархия с соответствующей ей номенклатурой осваивалась на раннем этапе схоластической систематики под влиянием эссенциалистской натурфилософии. В XX в. в пользу безранговости высказались далекие от схоластики и эссенциализма идеологи фенетической и филогенетической систематики. Но в этой последней есть не только сторонники новой номенклатурной концепции, но и ее противники.

Рассматриваемая здесь связь, пусть и не строго заданная, может быть *полной* или *частичной*, т.е. охватывать номенклатурную систему в целом или только какие-то ее разделы. В первом случае зависимости от теории эссенциалистская концепция языка систематики, как и филономенклатура. Из отдельных теоретико-зависимых принципов общего порядка наиболее заметна рангозависимость номенклатуры.

Связь между теорией и номенклатурой может быть *явной* или *скрытой*. В первом случае имеется в виду ее прямое декларирование: таково упомянутое введение тринomialной номенклатуры со ссылкой на дарвиновскую эволюционную концепцию или обоснование филономенклатуры, исходя из филогенетической теории. Во втором случае связь имеет более глубокий и потому не столь очевидный характер: примером служит натурфилософская подоплека бинарного способа именованья таксонов.

Наконец, эта связь бывает *актуальной* или *реликтовой*. Речь идет о том, что какие-то нормы

и принципы номенклатуры исходно формируются под влиянием определенных теоретических соображений, позднее теряющих свое значение. Сюда относится все та же общая норма рангозависимого образования таксономических названий. На раннем этапе развития связь рангозависимой номенклатуры с натурфилософией была актуальной, в настоящее время она стала реликтовой. Благодаря таким «атавистическим» элементам языка систематики в современных версиях традиционной номенклатуры теоретический груз отчасти заменяется историческим.

### Unde venis et quo vadis?\*

Изложенные соображения о связи таксономической номенклатуры с теорией позволяют понять одну из важных движущих сил ее развития. Оно идет вслед за развитием таксономической теории, в основе которого лежит изменение представлений о природе исследуемого биологической систематикой разнообразия организмов.

Таким образом, общий ответ на вопрос «Почему мы их так называем?» следующий: потому, что творцы современной систематики и ее языка именно так «видят» живую природу. Они не «придумывают» свою номенклатуру, а «выводят» ее из своих натурфилософских представлений о «природе вещей». В этом отношении между эссенциалистами и номиналистами, между разработчиками «естественной» и филогенетической теории систематики особой разницы нет: все они действуют в рамках сконструированных ими специфических таксономических «миров для себя».

\* *Откуда идешь и куда направляешься?* — латинский афоризм.

Такое видение причин развития таксономической номенклатуры и разнообразия ее основных концепций имеет несомненное отношение к пониманию ее прошлого и отчасти отвечает на вопрос «Unde venis?». Но здесь хотя бы понятны конкретные таксономические теории, ответственные за ту или иную номенклатурную концепцию. На вопрос «Quo vadis?», имеющий отношение к номенклатуре, можно ответить лишь в более общей форме. Таксономическая теория будет развиваться по той простой и очевидной причине, что в науке не может быть «окончательных теорий». А раз так, то и таксономическая номенклатура (в той мере, в какой она теоретико-зависима) обречена на дальнейшее развитие. Но как оно пойдет, какие классификационные идеи явятся на смену ныне доминирующим и как они скажутся на языке систематики — остается только гадать.

Принимая во внимание характер предшествующего развития систематики и ее языка, можно предполагать, что сохранятся, а может, и усилятся тенденции, связанные с параллельным существованием разных номенклатурных концепций и соответствующих им кодексов. Их будут применять для разных групп организмов (как нынешние предметные кодексы), для разных категорий данных (как современные таксономическая и анатомическая номенклатуры), для разных аспектов рассмотрения «таксономической реальности» (как традиционная и филогенетическая номенклатурные концепции). В таком случае одной из первоочередных задач станет разработка мета-языка таксономических описаний, позволяющего сводить воедино разные номенклатурные системы как диалекты единого языка биологической систематики. Вероятно, нынешний проект «Биокодекса» [10] можно считать его предтечей. ■

### Литература

1. Павлинов И.Я. Номенклатура в систематике. История, теория, практика. М., 2015.
2. Джеффри Ч. Биологическая номенклатура. М., 1980.
3. Павлинов И.Я. Как возможно выстраивать таксономическую теорию // Зоол. исследования. 2011. №10. С.45—100.
4. Dubois A. Proposed rules for the incorporation of nomina of higher-ranked zoological taxa in the International Code of Zoological Nomenclature. 1. Some general questions, concepts and terms of biological nomenclature // Zoosystema. 2005. V.27 (3). P.365—426.
5. Cantino P.D., Queiroz K.de. International Code of Phylogenetic Nomenclature. Version 4c. 2010. <http://www.ohio.edu/phylocode/>
6. Майр Э. Принципы зоологической систематики. М., 1971.
7. Урысон Е.В. Проблемы исследования языковой картины мира. Аналогия в семантике. М., 2003.
8. Утехин И.В. Введение в семиотику. СПб, 2005. [http://old.eu.spb.ru/ethno/courses/et\\_p10\\_add.htm](http://old.eu.spb.ru/ethno/courses/et_p10_add.htm)
9. Павлинов И.Я. История биологической систематики: эволюция идей. Saarbrücken, 2013.
10. Greuter W., Garrity G., Hawksworth D.L. et al. Draft BioCode: principles and rules regulating the naming of organisms // Taxon. 2011. V.60 (1). P.201—212.



# Как сверхновые стали основой наблюдательной космологии

М.В.Пружинская, С.М.Лисаков

Когда в 1915–1916 гг. Альберт Эйнштейн создал общую теорию относительности (ОТО), еще не было известно, что Вселенная расширяется. Чтобы сделать Вселенную статической, нужно было скомпенсировать ньютоновское тяготение, и для этого Эйнштейн ввел в уравнения ОТО константу — космологическую постоянную. Однако статическая Вселенная Эйнштейна оказалась неустойчивой. Несколько лет спустя Александр Александрович Фридман предложил модель нестационарной Вселенной, в которой космологическая постоянная содержалась в качестве параметра. От значения космологической постоянной зависит, будет ли Вселенная расширяться вечно или же расширение сменится сжатием. Изменить космологическую постоянную можно разными способами, например, изучая эволюцию числа скоплений галактик в зависимости от красного смещения  $z$  или анализируя анизотропию реликтового излучения. Самый наглядный способ — метод «стандартной свечи». Смысл метода в том, что для объекта с известной светимостью (полной мощностью электромагнитного излучения) мы способны вычислить закон изменения блеска (плотности потока излучения, достигающего наблюдателя) с расстоянием и при различных значениях космологической по-



**Мария Викторовна Пружинская**, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Государственного астрономического института им.П.К.Штернберга Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область интересов — сверхновые звезды, гамма-всплески, роботизированные обсерватории, наблюдательная космология, поляриметрия.



**Сергей Михайлович Лисаков**, аспирант обсерватории Кот Д'Азур (Observatoire de la Côte d'Azur, Ницца, Франция). Занимается моделированием спектров и кривых блеска сверхновых звезд типа II.

**Ключевые слова:** сверхновые, кривые блеска, фотометрическая классификация.  
**Key words:** supernova, light curves, photometric classification.

стоянной. Таким образом, сопоставляя теоретические модели и данные наблюдений источников с известной светимостью, удастся определить космологические параметры Вселенной. В астрономии в качестве «стандартных свечей» используют сверхновые звезды (СН) типа Ia. Во-первых, эти объекты имеют большую светимость и поэтому наблюдаются на космологических расстояниях. А во-вторых, для всех СН Ia значение этой светимости в максимуме блеска примерно одинаково. Подобные измерения космологической постоянной с помощью СН Ia стали возможными с развитием наблюдательных инструментов и появлением крупных обзоров по поиску сверхновых звезд. Однако с момента введения Эйнштейном в уравнения ОТО космологической постоянной до обнаружения ускоренного расширения Вселенной история изучения сверхновых звезд насчитывала уже почти 80 лет.

© Пружинская М.В., Лисаков С.М., 2015

## От истоков до Нобелевской премии

Началось все в 1920 г., когда после дебатов американских астрономов Харлоу Шепли и Гебера Дуста Кёртиса определение светимостей сверхновых, тогда еще не выделенных в отдельный класс, стало центральной проблемой шкалы расстояний во Вселенной [1]. Кёртис поддерживал гипотезу «островной Вселенной», в которой наблюдаемые на небе «спирали» — туманности — считались другими галактиками, подобными нашей. Шепли, напротив, относил Андромеду и остальные туманности к Млечному Пути. Один из аргументов Шепли состоял в том, что в «островной Вселенной» светимости некоторых новых (вспыхивающих и затем меняющих свой блеск) звезд достигли бы светимости Галактики. Существование подобных объектов тогда вызывало большие сомнения. Кёртис, в свою очередь, основывался на следующем соображении: если «спирали» — составляющая часть нашей галактики, придется вводить два класса новых звезд, поскольку новые в «спиралях» оказывались в среднем на семь звездных величин (а это, напомним, логарифмическая шкала) слабее остальных новых\*. Идея наличия такой двойственности при всех остальных одинаковых характеристиках объектов казалась ему неправдоподобной. Чтобы добиться совпадения в абсолютном блеске новых, необходимо было отнести «спирали» на гораздо большие расстояния. Примечательно, что в этом случае, как заметил Кёртис, абсолютные размеры «спиралей» совпадали с размерами нашей галактики. Он оказался прав. Окончательно гипотезу «островной Вселенной» подтвердил Эдвин Хаббл, наблюдая цефеиды в туманностях, подобных Андромеде.

После того как была установлена множественность галактик, астрономы осознали, что часть новых звезд, о которых говорил Шепли, должна быть выделена в самостоятельный класс объектов. Это разделение произошло в 1934 г. [2]. Немецкий астроном Вальтер Бааде, работавший в то время в США, и американский астроном швейцарского происхождения Фриц Цвикки предложили для этих объектов термин «сверхновые». В 1938 г. Бааде обратил внимание, что сверхновые — более однородный класс звезд, чем новые. Найденная им средняя абсолютная звездная величина в максимуме для 18 сверхновых составила  $-14.3^m$  и имела дисперсию  $\approx 1.1^m$ . Благодаря малой дис-

\* Здесь не идет речь о сверхновых звездах. Имелось в виду два класса среди обычных новых звезд.



Вальтер Бааде.



Фриц Цвикки.

персии сверхновые стали считаться хорошими индикаторами расстояний во Вселенной [3]. В 1941 г. Рудольф Минковский\*\*, получив и проанализировав первые спектры сверхновых, разделил их на два основных типа [4]. К I типу он отнес те сверхновые, спектры которых не содержали линий водорода и состояли из широких минимумов и максимумов, не поддававшихся объяснению\*\*\*. Во II тип, напротив, были включены сверхновые, в спектрах которых линии водорода наблюдались. Появление новых наблюдательных данных привело к усложнению классификации (рис.1). В 80-х годах сверхновые I типа были разделены на три подтипа: Ia, Ib и Ic. Считается, что к феномену SN Ia приводит термоядерный взрыв белого карлика, а SN II и SN Ib/c — это коллапс

\*\* Племянник известного математика Германа Минковского.

\*\*\* Спектры SN I были позднее расшифрованы советским астрономом Ю.П.Псковским.

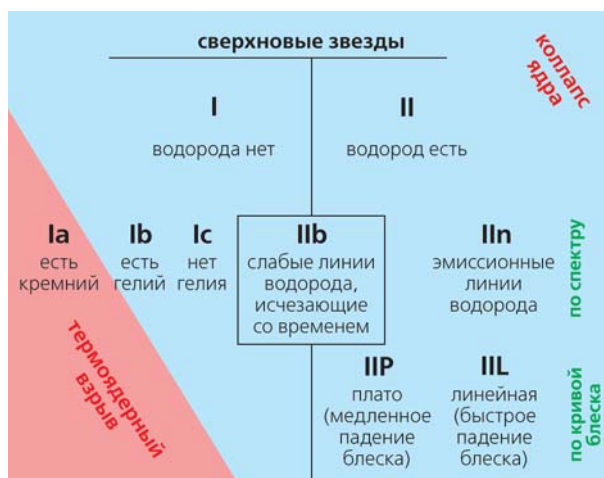


Рис.1. Классификация сверхновых звезд.

ядра массивной звезды на конечной стадии ее эволюции. Таким образом, вспышки СН Ia существенно отличаются по своей природе от всех остальных сверхновых.

В случае СН Ia взрывается углеродно-кислородный белый карлик — объект примерно солнечной массы и в 100 раз меньшего размера. Термоядерный взрыв происходит из-за того, что масса белого карлика превышает максимально возможный предел (предел Чандрасекара) в результате либо аккреции вещества со звезды-компаньона, либо слияния с другим белым карликом. СН Ia выделяются наличием в спектрах заметных линий поглощения однократно ионизованного кремния.

Для объяснения спектров коллапсирующих сверхновых важно знать, какую часть оболочки успела сбросить звезда перед коллапсом ядра. Если звездный ветер, посредством которого звезда теряет вещество, не был интенсивным, коллапс происходит на стадии красного сверхгиганта. Радиус таких звезд может в несколько сотен раз превышать радиус Солнца, а их крайне разреженная оболочка содержит большое количество водорода. Именно красные сверхгиганты оказываются прародителями СН II, в спектрах которых наиболее заметны линии водорода. Более массивные звезды теряют массу за счет звездного ветра эффективнее и заканчивают свою жизнь, потеряв всю водородную оболочку или ее часть. Несмотря на тот же источник энергии — коллапс ядра, спектры таких сверхновых не обнаруживают водорода (СН Ib) или обнаруживают его в небольших количествах (СН IIb). Еще более «мощный» звездный

ветер успевает «сдуть» со звезды не только водородную, но и гелиевую оболочку. В результате вспыхивает сверхновая типа Ic. К феномену вспышки СН Ib/c может также приводить взрыв в двойной системе, где потеря оболочки происходит за счет аккреции.

Кривые блеска (зависимость блеска от времени) СН Ia очень похожи между собой, в то время как кривые блеска сверхновых II типа гораздо более разнообразны (рис.2). По форме кривой блеска СН II подразделяются на СН IIP и СН III. Особенностью кривых блеска СН IIP является так называемое плато — продолжительный участок, в течение которого блеск сверхновой практически не меняется. Продолжительность этого плато составляет примерно 90—120 дней. Некоторые кривые блеска СН II не имеют плато, а характеризуются линейным (в логарифмической шкале) падением блеска после максимума, такие сверхновые называют СН III. Только после разделения сверхновых на типы и подтипы оставшийся наиболее однородным тип Ia стал использоваться в качестве индикатора астрономических расстояний.

Изучение сверхновых звезд привело к одному из величайших открытий наблюдательной космологии. В 1998—1999 гг. две международные группы астрономов, одной из которых руководили Брайан Шмидт и Адам Райсс, а другой — Сол Перлматтер, на основе диаграммы Хаббла (зависимости «модуль расстояния\*—красное смещение»), построенной по данным для далеких СН Ia, пришли к заключению, что космологическая постоянная положительна, т.е. Вселенная расширяется с ускорением.

Относительный вклад космологической постоянной в полную плотность энергии Вселенной был оценен в 70%. В 2011 г. за обнаружение ускоренного расширения Вселенной посредством наблюдения далеких сверхновых Перлматтеру, Шмидту и Райссу была присуждена Нобелевская премия по физике\*\*.

Однако это важнейшее открытие не было бы возможным без другого. Речь идет о соотношении между абсолютной светимостью в максимуме блеска и формой кривой блеска СН Ia, без которого невозможно использовать СН Ia для измерения космологических расстояний.

\* Модуль расстояния — разница между видимой (блеском) и абсолютной (светимостью) звездной величиной объекта.

\*\* Подробнее см.: Литвинов В.М., Чернин А.Д. Лауреаты Нобелевской премии 2011 г. по физике — С.Перлматтер, Б.Шмидт, А.Райсс // Природа. 2012. №1. С.108—111.

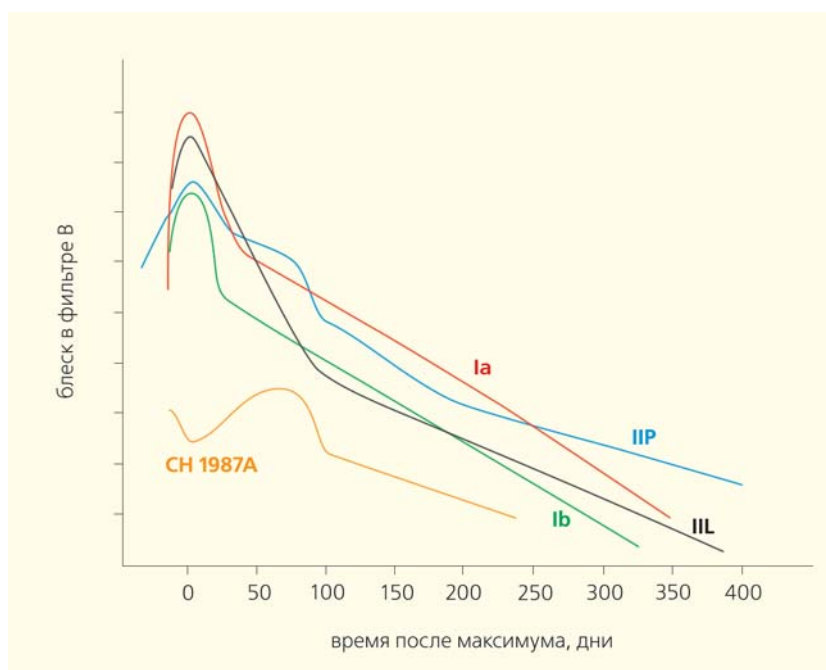


Рис.2. Схематическое изображение кривых блеска сверхновых звезд разных типов и СН 1987А — самой близкой сверхновой, наблюдавшейся за последние 400 лет [5].



### «Стандартизация свечи»

Кривые блеска СН Ia в большинстве случаев очень похожи друг на друга. Приблизительно за 15 дней блеск СН Ia достигает максимума, который длится несколько дней. В максимуме СН Ia имеют в среднем абсолютную звездную величину в фильтре  $V \approx -19.5^m$ . В этот момент светимость звезды сравнима со светимостью целой галактики! После достижения максимума блеск СН Ia быстро спадает — на  $3^m$  за 25–30 сут, а затем увеличение видимой звездной величины следует почти линейному закону, что соответствует экспоненциальному ослаблению светимости [6]. Близкие СН Ia могут наблюдаться около года (СН 2011fe, СН 2014J).

Но это сходство, как стало ясно позднее, относительное — кривые блеска СН Ia все-таки между собой различаются, средняя дисперсия модуля расстояний на диаграммах Хаббла для разных выборок СН Ia составляет 0.4–0.6<sup>m</sup>. Кроме того, среди СН Ia были обнаружены сверхновые, характеризующиеся красным цветом в максимуме блеска и пониженной светимостью. Первой такой сверхновой была СН 1991bg с быстрым падением блеска после максимума. СН 1991bg оказалась в среднем на две звездных величины слабее, чем остальные СН Ia в скоплении Девы, которому принадлежит родительская галактика сверхновой — NGC 4374. Объекты, подобные СН 1991bg, называются сверхновыми типа 1991bg. Еще одна разновидность СН Ia, наоборот, отличается повышенной светимостью в максимуме и медленным падением блеска после максимума. Прототипом для этого класса сверхновых служит СН 1991T. Самый малочисленный класс составляют так называемые пекулярные (т.е. имеющие особенности) СН Iaх, абсолютные звездные величины которых меняются в диапазоне  $-14.2^m \geq M_{v, \text{peak}} \geq -18.9^m$  при тех же формах кривых блеска, что и у обычных СН Ia [7].

На рис.3 показан вклад основных подтипов СН Ia в общее их число в объеме до  $z = 0.08$ . Такой выбор объема связан с тем, что только для близких сверхновых есть хорошие спектральные данные, и эффекты селекции сказываются не так сильно. Однако и в данном случае их нельзя полностью исключить. Например, сверхновых типа Iaх из-за их слабости найдено всего три десятка, в то время как ожидается, что на каждые 100 СН Ia приходится  $31^{+17}_{-13}$  СН Iaх [7].

Итак, массовые наблюдения СН Ia поставили под вопрос универсальность их кривых блеска, и гипотеза «стандартной свечи» была разрушена. Но, оказывается, существует зависимость между физическими характеристиками и параметрами кривой блеска сверхновой: чем ярче сверхновая, тем медленнее спадает ее блеск после максимума. Сверхновые звезды Ia оказались «стандартизуемыми» объектами.

В 40-х годах прошлого столетия для характеристики кривых блеска новых звезд Мак Лафлин

ввел величину  $t_3$  — время в сутках, за которое блеск звезды падает на  $3^m$  после максимума, и обнаружил связь между  $t_3$  и абсолютной звездной величиной новой в максимуме  $M_{\text{max}}$ . В то время Иосиф Самуилович Шкловский считал, что между новыми и сверхновыми звездами нет качественных различий, а отличаются они только светимостью. Чтобы проверить это, Иван Михеевич Копылов впервые стал строить зависимость  $t_3(M_{\text{max}})$  для сверхновых звезд [9, 10]. В случае правильности идеи Шкловского зависимость для сверхновых была бы просто продолжением зависимости для новых. Однако они не только не легли на одну прямую, но и имели разные наклоны (рис.4), т.е. Копылов показал, что новые и сверхновые звезды — это два независимых класса объектов. При выводе зависимости Копылов не разделял сверхновые по типам. Однако если отождествить точки на графике с известными на то время сверхновыми и их типами, то можно заметить интересную деталь. Сверхновые I типа расположились на графике иначе (отмечено зеленой линией), чем все сверхновые вместе. Таким образом, разделив СН на тогда уже известные типы I и II, Копылов мог бы первым обнаружить, что яркие СН I медленнее слабеют после максимума блеска.

Подобные зависимости для разных типов сверхновых стал строить Юрий Павлович Псковский в 1967 г. В качестве основного параметра, характеризующего форму кривой блеска, Псковский использовал величину  $\beta$  — наклон кривой блеска в синих лучах между точкой максимума и точкой изменения скорости падения блеска,

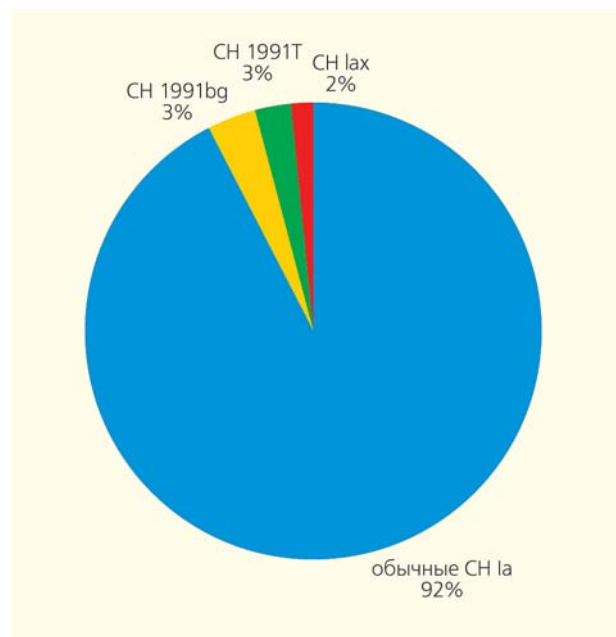


Рис.3. Распределение СН Ia по подтипам в объеме до  $z = 0.08$ . Для построения диаграммы использовались данные из каталога сверхновых звезд ГАИШ [8] и из работы [7].

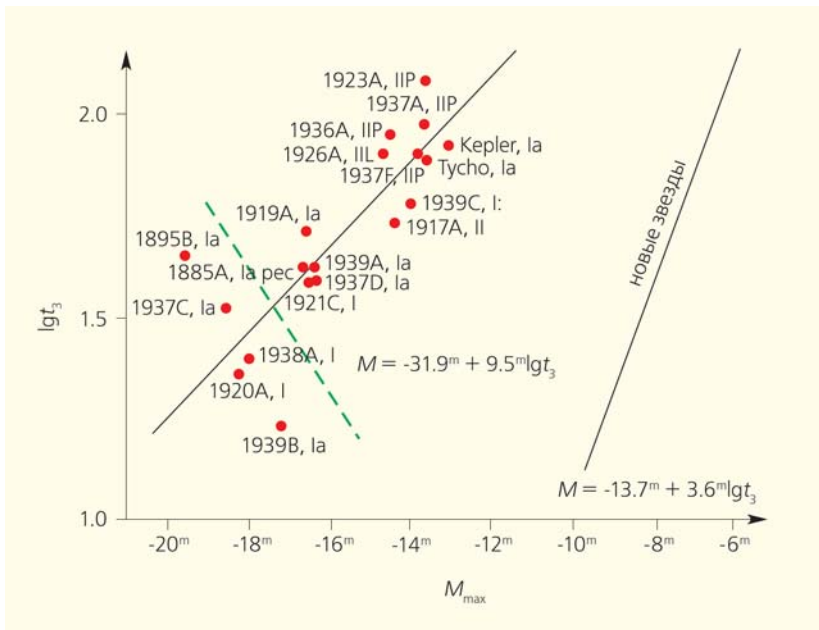


Рис.4. Зависимость между абсолютной звездной величиной в максимуме и скоростью падения блеска после максимума для сверхновых (левая часть графика) и новых звезд из работы И.М.Копылова 1955 г. [9, 10]. Зеленой штриховой линией обозначена закономерность, которой подчиняются сверхновые I типа, изображенные на графике. Исторические сверхновые Тихо и Кеплера не укладываются в общую тенденцию из-за большой неопределенности в их абсолютном блеске.

выраженный в звездных величинах и отнесенный к 100-суточному интервалу (см. рис.5 и [11]). Под точкой изменения скорости падения блеска подразумевается момент, когда активное падение блеска сменяется более медленным, это происходит примерно через 25–30 сут после максимума. Выбор  $\beta$  в качестве параметра, характеризующего кривую блеска, скорее всего, был обусловлен следующим: в то время сверхновые открывались редко (10–20 штук в год), а кривые блеска часто были неполными (отсутствовал максимум), поэтому для большинства СН было возможным измерить только наклон на ниспадающей части кривой блеска. Однако, во-первых, строя зависимости  $M_{\max}(\beta)$ , Псковский, как и Копылов, стремился подчеркнуть отличие новых звезд от сверхновых. А во-вторых, при анализе зависимости для сверхновых I типа\* Псковский показал, что большинство из них имеет схожие значения наклона

$\beta$ , т.е. их кривые блеска по-прежнему можно считать идентичными, а сами СН I — пригодными в качестве индикаторов расстояний.

В 1973 г. итальянский астроном Роберто Барбон и его коллеги выделили два подкласса СН I по скорости падения блеска: «быстрые» и «медленные» [12]. Первые СН I в максимуме оказались ярче вторых. Кроме того, эти ученые пришли к выводу, что существование двух подклассов СН I физически обосновано, поскольку наблюдается связь между подклассом СН I и типом галактики, в которой она взорвалась: «быстрые» СН I «избегают» эллиптических галактик, а «медленные» — неправильных. Дальнейшие же исследования этих авторов показали, что никакой значительной разницы между «быстрыми» и «медленными» СН I не наблюдается.

В 1977 г. Псковский опубликовал статью, в которой предложил ввести фотометрическую классификацию сверхновых, основывающуюся на величине  $\beta$ : сверхновые с большими значениями  $\beta$  было предложено называть старшими, а с маленькими значениями  $\beta$  — младшими [13]. Фотометрические классы записывались следующим образом: тип сверхновой и значение  $\beta$  через точку после типа. Например, фотометрический класс I.10 означал, что сверхновая принадлежит к I типу с  $\beta = 10$ . В этой же статье Псковский привел за-

\* Разделение на подтипы Ia, Ib, Ic появилось позднее.

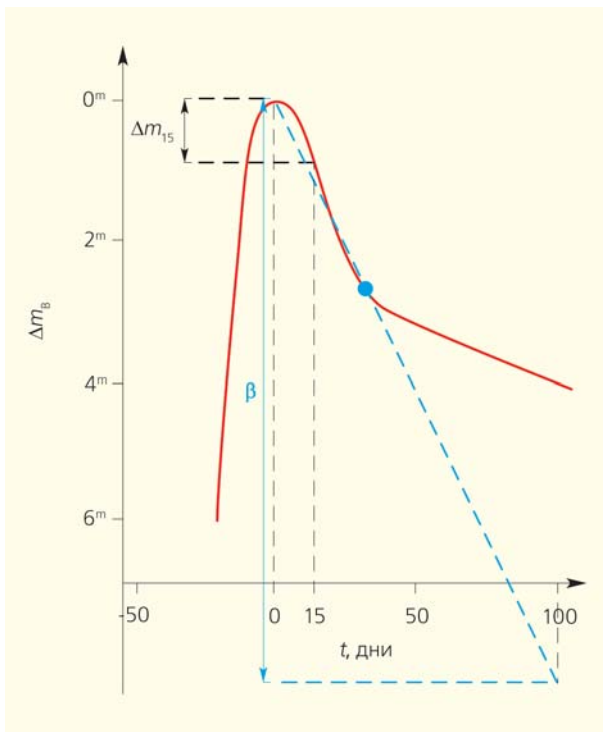


Рис.5. Типичная кривая блеска СН Ia в фильтре V. Показаны параметр «стандартизации»  $\beta$ , предложенный Ю.П.Псковским, и параметр  $\Delta m_{15}$ , предложенный М.Филлипсом. Синяя точка — точка изменения скорости падения блеска СН Ia.



Юрий Павлович Псковский (1.02.1926—21.07.2004).

висимость, связывающую абсолютную звездную величину в максимуме СН I с параметром  $\beta$ . Зависимость была установлена по 32 сверхновым I типа:  $-21.3 + 0.11\beta = M_{\text{pg}} \pm 0.5$ , где  $M_{\text{pg}}$  — фотографическая звездная величина [13]. Таким образом, Псковский пришел к правильному заключению, что сверхновые с медленным падением блеска оказываются ярче сверхновых с резким падением блеска. Позднее он подтвердил это соотношение, используя расширенную выборку СН I [14].

Однако стоит отметить, что независимо от Псковского правильную связь между наклоном кривой блеска и абсолютной светимостью в максимуме получил американец Берт Вударт Раст в 1974 г. в своей диссертационной работе «The use of supernovae light curves for testing the expansion hypothesis and other cosmological relations» («Использование кривых блеска сверхновых для проверки гипотезы расширения и других космологических соотношений»). Наклон кривой блеска Раст характеризовал с помощью параметра  $\Delta t_c = t(m_0 + 0.5) - t(m_0 + 2.5)$ , где  $m_0$  — видимая звездная величина сверхновой в максимуме. Для нахождения абсолютной звездной величины СН Раст получил следующее соотношение:

$$M_0 = (-18.5 \pm 0.68) - (0.0512 \pm 0.0359)\Delta t_c \quad [15].$$

Никогда не встречавшиеся лично, Раст и Псковский состояли в многолетней научной и дружеской переписке. В одном из своих писем Псковскому Раст пишет, что его интересует проблема определения светимости сверхновых в максимуме при помощи кривой блеска. Он был первым, кто обнаружил эту замечательную зависимость. Однако, как отмечает Раст в одном из своих писем, работы Псковского оказали огромное влияние на его научные исследования.



Берт Раст (фото из его личного архива).

К сожалению, открытие Расти не было воспринято астрономическим сообществом. Частично это связано с тем, что он публиковал статьи на эту тему не в астрономических журналах, а только в бюллетене Американского астрономического общества. Сейчас Раст работает в NIST (National Institute of Standards and Technology, США).

В 1981 г. Дэвид Бранч из США рассмотрел вопрос о классификации СН I по фотометрическим классам и показал, что СН I распределены по параметрам кривой блеска непрерывным образом, а не образуют два подкласса объектов, как утверждал Барбон. Кроме того, Бранч подтвердил вывод Псковского о том, что значение абсолютной звездной величины в максимуме пропорционально скорости падения блеска после максимума [16]. Однако более поздний анализ уже СН Ia, проведенный Бранчем вместе с Дугласом Миллером, не выявил этой зависимости [17].

Во время работы в Техасском университете в Остине (США) Джон Буассо и Крэг Уилер изучили, как фоновый свет от родительских галактик СН Ia может влиять на наблюдаемые изменения абсолютной звездной величины в максимуме и на скорость падения блеска. Добавив к фотометрическим данным небольшое количество фона от родительской галактики, они получили одновременно и увеличение пиковой светимости, и «уплощение» кривой блеска, т.е. соотношение Расти—Псковского. Учет фона делает кривую блеска более крутой и сдвигает точку изменения наклона падения блеска. Эти исследователи показали, что вклад от фона становится более значимым для слабых объектов. Таким образом, правильный учет фона особенно важен при изучении далеких СН Ia, свет от которых содержит в себе большую долю фона от родительской галактики сверх-



новой. Буассо и Уиллер пришли к заключению, что наблюдаемая дисперсия параметра  $\beta$  случайна, и большинство СН Ia имеют схожие кривые блеска [18].

Как следует из всего сказанного выше, соотношение Раств—Псковского неоднократно подвергалось проверке и критике. Однако сейчас это самое важное соотношение в наблюдательной космологии, опирающейся на изучение далеких СН Ia.

В начале 80-х годов появились ПЗС-камеры, и количество открываемых сверхновых резко возросло. Кроме того, увеличилась вероятность обнаружить сверхновую до максимума ее блеска, а значит, появилась возможность проследить эволюцию блеска на протяжении длительного времени. Первые кривые блеска СН Ia, полученные методами ПЗС-фотометрии, показали, что блеск некоторых сверхновых после максимума спадает быстрее. Позднее была обнаружена СН Ia 1991bg низкой светимости с быстрым падением блеска. Это мотивировало американского астронома Марка Филлипа пересмотреть зависимость Раств—Псковского, используя девять СН Ia с хорошо известными расстояниями, найденными с помощью зависимости Талли—Фишера (между шириной линии нейтрального водорода и светимостью галактики) или методом флуктуации поверхностной яркости для галактик. Поскольку точку изменения наклона падения блеска (а следовательно, параметр  $\beta$ ) для СН Ia сложно определить с хорошей точностью, в качестве альтернативы параметру  $\beta$  Филлипс использовал  $\Delta m_{15}$  — параметр, который показывает, на сколько звездных величин падает блеск в синих лучах за первые 15 дней после максимума (см. рис.5). В благодарностях к своей статье Филлипс отмечает, что параметр  $\Delta m_{15}$  был предложен его коллегой Жоржем Джакоби [19]. Соотношение между максимальной абсолютной звездной величиной в фильтре В и  $\Delta m_{15}$ , полученное Филлипсом, выглядит так:

$$M_{\text{Вmax}} = -21.726(0.498) + 2.698(0.359)\Delta m_{15}(\text{В}) [19].$$

Использование  $\Delta m_{15}$  привело к уменьшению дисперсии  $M_{\text{Вmax}}$  в два раза. Существует также квадратичная зависимость абсолютной звездной величины в максимуме от параметра наклона  $\Delta m_{15}$ .

## Природа соотношения Раств—Псковского

Существование эмпирических соотношений между светимостью, формой кривой блеска и цветом СН Ia объясняется в некоторых теоретических моделях. Как уже упоминалось, сейчас общепринято, что к феномену СН Ia приводит взрыв углеродно-кислородного белого карлика с массой, близкой к чандрасекаровской. Различные теоретические модели включают в себя дефлаграцию (дозвуковое горение), детонацию (сверхзвуковое горение), нецентральную детона-

цию, отложенную детонацию, пульсационную отложенную детонацию. Также существует модель субчандрасекаровского белого карлика в качестве прародителя СН Ia, где взрыв происходит на поверхности звезды из-за поджига накопленного в результате аккреции гелиевого слоя. Одно из возможных объяснений наблюдаемых соотношений состоит в том, что значение плотности, при котором детонационный режим горения сменяется дефлаграционным, влияет на количество образующегося при взрыве  $\text{Ni}^{56}$  [20]. Если смена режимов горения происходит достаточно поздно, то внешняя оболочка успевает расшириться, из-за чего снижается количество образующегося  $\text{Ni}^{56}$ . Это ведет к уменьшению температуры в расширяющейся оболочке и фотосфере, непрозрачность быстро падает. Следовательно, фотосфера быстрее «просветляется» и высвобожденная энергия высвечивается за короткое время. И наоборот, если детонация достаточно быстро сменяет дефлаграцию, образуется большое количество  $\text{Ni}^{56}$ . В результате мы имеем яркую горячую сверхновую, чья непрозрачная оболочка теряет энергию довольно медленно, что и объясняет долгий спад светимости на кривых блеска ярких сверхновых.

Однако теоретические модели взрыва СН Ia лишь частично объясняют неоднородность этих сверхновых и происхождение соотношения Раств—Псковского. Реализуются ли в природе сразу несколько из предложенных теоретических моделей или неоднородность можно объяснить вариациями внутри одной из них, только предстоит выяснить.

## Суммируя сказанное

Считается, что СН Ia служат хорошими индикаторами расстояний во Вселенной — «стандартными свечами». Однако в действительности их пиковая светимость меняется от объекта к объекту. Ситуацию спасло открытие соотношения между светимостью сверхновых в максимуме блеска и скоростью падения блеска после максимума: чем медленнее падение, тем ярче сверхновая. Впервые это обнаружили астрономы Раств и Псковский в 70-х годах XX в. В то время число открытых сверхновых было невелико, а их кривые блеска — неполны. Возможно, именно по этой причине Псковский выбрал в качестве параметра, характеризующего кривую блеска, параметр  $\beta$ , который можно было измерить для большинства сверхновых.

Когда в 1993 г. Марк Филлипс подвергнул проверке зависимость, обнаруженную Раством и Псковским, он имел в своем распоряжении более качественные наблюдательные данные. В предложенном им методе были успешно связаны абсолютная звездная величина сверхновых Ia и параметр  $\Delta m_{15}$ , ко-

торый показывал, на сколько звездных величин СН Ia ослабевает за 15 дней после максимума блеска. Работа Филлипа подтвердила полученные ранее результаты Рафта и Псковского.

К настоящему моменту разработано несколько способов «стандартизации» СН Ia: метод  $\Delta m_{15}$ , метод MLCS (Multicolor Light Curve Shape) на основе кривых блеска сверхновых в разных фильтрах, метод s-фактора (stretch factor) — приведение наблюдаемой кривой блеска к эталонной кривой блеска путем сжатия или растяжения временной оси, PRES — комбинация методов MLCS и  $\Delta m_{15}$ , SALT (Spectral Adaptive Light curve Template for type Ia supernova) — метод, в основе которого лежит использование синтетического спектра СН Ia, SMAGIC (Color-Magnitude Intercept Calibration) —

метод, связывающий абсолютную звездную величину с цветом СН Ia и др. Все эти способы «стандартизации» позволяют определять расстояния до СН Ia, так или иначе опираясь на соотношение между параметрами, зависящими от расстояния (максимумом блеска или средней разницей в звездных величинах между наблюдаемой кривой блеска и эталонной кривой блеска) и параметрами, не зависящими от расстояния (показателем цвета, s-фактором или  $\Delta m_{15}$ ).

Применение методов «стандартизации» для анализа кривых блеска СН Ia позволило выявить значительную по величине космологическую постоянную. Их совершенствование остается важной задачей, которую в наши дни продолжает решать астрономическое сообщество. ■

## Литература

1. *Shapley H., Curtis H.D.* The scale of the Universe // Bulletin of the National Research Council. 1921. V.2. Part 3. №11. P.171—217.
2. *Baade W., Zwicky F.* On super-novae // Proceedings of the National Academy of Science. 1934. V.20. P.254—259.
3. *Baade W.* The absolute photographic magnitude of supernovae // Astrophysical Journal. 1938. V.88. P.285.
4. *Minkowski R.* Spectra of supernovae // Publications of the ASP. 1941. V.53. P.224.
5. *Wheeler J.C., Harkness R.P.* Type I supernovae // Reports on Progress in Physics. 1990. V.53. Iss.12. P.1467—1557.
6. *Цветков Д.Ю.* Сверхновые звезды // <http://www.astronet.ru/db/msg/1175009>.
7. *Foley J.R., Chablis P.J., Chornock R. et al.* Type Ia supernovae: a new class of stellar explosion // Astrophysical Journal. 2013. V.767. P.57.
8. *Bartunov O.S., Tsvetkov D.Y., Pavlyuk N.N.* Sternberg Astronomical Institute Supernova Catalogue, and radial distribution of supernovae in host galaxies // Highlights of Astronomy. 2007. V.14. P.316.
9. *Копылов И.М.* Сравнение морфологических признаков и пространственного распределения новых и сверхновых звезд // Известия Крымской астрофизической обсерватории. 1955. Т.XV. С.140.
10. *Копылов И.М.* Новые звезды // Труды IV совещания по вопросам космогонии: М., 1955. С.40.
11. *Pskovskii Yu.P.* The photometric properties of supernovae // Soviet Astronomy. 1967. V.11. P.63.
12. *Barbon R., Ciatti F., Rosino L.* On the light curve and properties of type I supernovae // Astronomy and Astrophysics. 1973. V.25. P.241—248.
13. *Pskovskii Yu.P.* Light curves, color curves, and expansion velocity of type I supernovae as functions of the rate of brightness decline // Soviet Astronomy. 1977. V.21. P.675—682.
14. *Pskovskii Yu.P.* Photometric classification and basic parameters of type I supernovae // Soviet Astronomy. 1984. V.28. P.658—664.
15. *Rust B.W.* The use of supernovae light curves for testing the expansion hypothesis and other cosmological relations // Univ. of Illinois, ORNL-4953, Ph.D. thesis, Oak Ridge National Lab., TN., 1974.
16. *Branch D.* Some statistical properties of type I supernovae // Astrophysical Journal. 1981. V.248. P.1076—1080.
17. *Miller D.L., Branch D.* Supernovae absolute-magnitude distributions // Astronomical Journal. 1990. V.100. P.530—539.
18. *Boisseau J.R., Wheeler J.C.* The effect of background galaxy contamination on the absolute magnitude and light curve speed class of type IA supernovae // Astronomical Journal. 1991. V.101. P.1281—1285.
19. *Pbillips M.M.* The absolute magnitudes of type IA supernovae // Astrophysical Journal Letters. 1993. V.413. P.105—108.
20. *Блинников С.И., Цветков Д.Ю.* Звезды. Гл.10: Сверхновые / Ред.-сост. В.Г.Сурдин. М., 2009.

# ПОИСК ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ

Наука и общество

В сентябре этого года наш бывший соотечественник Юрий Мильнер предложил крупное финансирование поиска разумной жизни в иных звездных системах. Научное руководство проектом возглавил выдающийся английский физик Стивен Хоукинг. Аналогичная программа Search Extra Terrestrial Intelligence (SETI) существовала и ранее, но не принесла результатов (как и другие подобные национальные и международные проекты). Новая инициатива заставляет вернуться к вопросу о вероятности успеха этого исследования.

## Парадокс Ферми в контексте текущей ситуации

М.В.Родкин,

доктор физико-математических наук

Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН  
Москва

В 1950-х годах великий итальянский физик Энрико Ферми задался вопросом, который позже назовут парадоксом Ферми. Вселенная существовала миллиарды лет до образования Солнечной системы. Солнце представляет собой вполне обычную звезду, каких много. Планета Земля — менее рядовое явление, но нет оснований считать ее уникальной. В нашей Галактике должны существовать цивилизации старше нас на миллионы и даже миллиарды лет. По аналогии с земной цивилизацией можно ожидать, что и они будут активно заниматься исследованиями космического пространства и испускать радиоволны. Излучение обычного телепередатчика современными средствами можно увидеть примерно за 50 св. лет. Стандартный мощный радар обнаруживается примерно за 100 св. лет. Установку типа радиотелескопа в Аресибо, используемого для радиолокационных наблюдений объектов Солнечной системы, можно заметить из центра нашей Галактики (конечно, если удастся поймать узконаправленный луч). Гипотетические «астроинженерные» конструкции высокоразвитых цивилизаций (типа сферы Дайсона) мы можем уже сейчас идентифицировать даже в соседней галактике. Казалось бы, естественно заметить аномальное радиоизлучение от некоторых звезд, а также встретить чужие исследовательские зонды или космические корабли. Но ничего подобного не наблю-

дается и не найдено до сих пор. И Ферми спрашивает: «Так где же все они?»

В 1961 г. американский астроном Франк Дрэйк предложил свое знаменитое уравнение для оценки числа  $N$  цивилизаций в нашей Галактике, с которыми мы могли бы иметь радиосвязь. Одна из модификаций этого уравнения имеет вид:

$$N = R \cdot F_1 \cdot n \cdot F_2 \cdot F_3 \cdot F_4 \cdot \Delta t,$$

где  $R$  — скорость появления новых звезд в нашей Галактике,  $F_1$  — доля звезд с планетными системами,  $n$  — среднее число планет в звездной системе, на которых может развиваться жизнь,  $F_2$  — доля планет, на которых жизнь развивается,  $F_3$  — доля планет, где существует разумная жизнь,  $F_4$  — доля цивилизаций, способных посылать и принимать радиосигналы,  $\Delta t$  — длительность жизни таких цивилизаций.

Астрономы оценивают:  $R \approx 7$  в год,  $n \approx 1-3$ . Наличие у звезды планетной системы полагается типичным. Жизнь на Земле (в геологическом масштабе времени) возникла почти сразу же вслед за образованием планеты. Развитие разумной жизни, а затем и технологической цивилизации представляется (на опыте Земли) почти неизбежным следствием эволюции. Отсюда  $F_1, F_2, F_3, F_4$  близки к единице, и мы получаем упрощенную запись формулы Дрэйка:  $N \approx 10 \Delta t$ .

Результат шокирующий; он означает, что средняя продолжительность существования цивилизаций весьма мала. Сначала предположили: оценки



неверны и планетные системы возникают только у очень незначительной доли звезд, а феномен жизни во Вселенной крайне редок. Однако вскоре эти объяснения пришлось отвергнуть. На данный момент открыты уже тысячи планет, и их число близко к тому, что предполагали оптимисты середины прошлого века.

Уникальность феномена жизни также, по-видимому, не подтверждается. Аминокислоты находят в космосе. А результаты последних исследований NASA предполагают наличие на Марсе воды и указывают на существование там в прошлом глубоких водоемов и водных потоков. Оптимисты полагают, что на Марсе должна была быть жизнь, и предварительные данные говорят о присутствии в прошлом на Красной планете характерных для живой природы геохимических циклов. Предположения о возможности жизни высказываются и в связи с другими планетными телами. Обсуждается, например, подледная жизнь на спутнике Юпитера — Европе.

Парадокс Ферми остается объяснить малой средней продолжительностью существования цивилизаций. В своей последней статье И.С.Шкловский — ранее известный энтузиаст программ поиска внеземного разума — с тоской пишет: «...разум есть одно из “изобретений” эволюционного процесса... но далеко не все “изобретения”... являются полезными. <...> Вспомним чудовищно гипертрофированные средства защиты и нападения (рога, панцири и пр.) у рептилий мезозоя. Или неправдоподобно развитые клыки саблезубого тигра... невольно напрашивается аналогия... не является ли самоубийственная деятельность человечества (чудовищное накопление ядерного оружия, уничтожение окружающей среды и др.) такой же гипертрофией развития, как рога и панцирь какого-нибудь трицератопса или клыки саблезубого тигра? <...> Не является ли... [самоуничтожение. — М.Р.] закономерным финалом эволюции разумных видов во Вселенной, что естественно объяснило бы ее молчание?»\*

Причиной краткости существования цивилизаций может быть глобальный экологический кризис. В пользу такого решения проблемы свидетельствует длительный лавинообразный рост таких параметров, как численность и энергопотребление человечества, быстро нарастающие объемы потребляемых ресурсов и накапливающихся отходов. Безудержный рост не может не закончиться кризисом. Но такого увеличения в значительной степени уже и нет. Закон роста населения, потребления ресурсов и энергии в последние лет двадцать все более отклоняется от кризисного лавинообразного закона. И неизбежность экологического кризиса теперь совсем не очевидна.

\* Шкловский И.С. Вселенная, жизнь, разум // Земля и Вселенная. 1985. №3. С.76—80.

Другое возможное объяснение ожидаемой гибели человечества — термоядерная война. Гибель цивилизации при этом может быть следствием комбинированного воздействия ядерного заражения и эффекта ядерной зимы. Поясним последний эффект (о нем много писали в 80-х годах, но затем словно забыли). Предполагается, что массовые вымирания биоты в истории Земли часто инициировались эффектами метеоритной или вулканической зимы. При падении больших метеоритов и при всплесках вулканической активности происходит выброс в атмосферу огромных масс пыли, которая экранирует планету от солнечных лучей, чем вызывает сильное похолодание. Оно продолжается, пока пыль не осядет. На памяти человечества уже известны несколько случаев, когда вслед за сильными вулканическими извержениями наблюдались «года без лета», довольно часто сопровождавшиеся голодом и народными волнениями. В истории России с такой «вулканической зимой» связывают Смуту.

Выброс огромных масс вещества в верхние слои атмосферы происходит и при ядерных взрывах. Но эффект оказывается сильнее. Цели ядерных ударов — города. В них сконцентрировано больше горючих материалов, чем в среднем в природных ландшафтах. Отсюда — сильнейшие пожары. Подобные огненные смерчи наблюдались во Второй мировой войне после массированных бомбардировок немецких городов и сброса атомных бомб на Японию. Есть впечатляющие свидетельства, как поток воздуха к центру пожара подхватывал пытавшихся спастись людей и бросал их в огонь.

Но важнее все же другое. Огненные смерчи выносят в верхние слои атмосферы огромные массы сажи. А тонкие пластинки пепла и сажи сильнее, чем обычная пыль, экранируют солнечные лучи и медленнее осаждаются. Почти всем приходилось наблюдать, с какой легкостью поднимаются вверх частички пепла от разведенного костра. Циркуляция атмосферы разносит сажу по всей планете, покрывая ее «черным саваном». Верхние частички сажи разогреваются в солнечных лучах и, нагревая воздух, поднимаются вверх. Осажденные сажи и вымывание ее дождями из атмосферы происходит медленно. Возникает эффект даже не ядерной зимы, а ядерной ночи. Под черным саваном сажи на планете может быть темно, как в безлунную ночь. Вызванное этим прекращение фотосинтеза могло бы стать причиной гибели существующей экосистемы Земли.

Расчеты сценариев ядерной зимы, проведенные в 80-х годах независимо в Вычислительном центре Академии наук СССР, в Корнельском университете США и в ряде других научных центров, показали хорошо согласующиеся результаты. По ним полное использование ядерных арсеналов человечества может привести к гибели даже океанических экосистем. В этом случае эволюция

жизни на планете будет отброшена назад на пару миллиардов лет.

Модель ядерной зимы, естественно, вызвала и критику, вплоть до утверждений, что это миф, раздутый с целью победы США в холодной войне. Критики реальности такого сценария полагают, что стороны пощадят крупные города, ограничившись только ударами по военным базам и позициям ракет. Также утверждается, что сажа не поднимется столь высоко и быстро осядет. Мне эти высказывания не кажутся достаточно обоснованными. Читатель может составить свое мнение, поискав в Интернете «миф о ядерной зиме» или похожие ссылки. Но очевидно и то, что расчеты сценариев ядерной зимы не безукоризненны. Не хватает точных исходных данных, которые могут быть получены только в натурном эксперименте, т.е. после термоядерной бомбардировки современного большого высокоэтажного города. Хочется надеяться, что такой эксперимент не состоится.

Возможно ли столь трагическое развитие событий? Ведь почти очевидно, что никто на планете не желает самоубийственного ядерного конфликта. Не исключено, однако, его развитие по «логике снежной лавины». Возможны и сценарии развития апокалипсиса «по ошибке». Так, только в США за период до 2005 г. известно более 20 инцидентов, которые могли привести к случайному или несанкционированному применению ядерного оружия. Не меньшее число подобных происшествий, по-видимому, имело место и в СССР. Один такой случай стал известен в годы перестройки. Подполковник в отставке С.Петров рассказал журналистам, что в 1983 г., будучи оперативным дежурным на командном пункте системы предупреждения войск ПВО о ракетном нападении, он на собственный страх и риск объявил ошибкой сообщение системы о запуске по территории СССР пяти межконтинентальных баллистических ракет «Минитмен» с 10 ядерными боеголовками каждая. Заметим, что, приняв такое решение, он не только нарушил инструкцию, но и фактически обманул высшее руководство страны, доложив ему об ошибке, о которой мог только предполагать, но не знать наверняка. Подполковника сначала собирались наградить, но вместо этого уволили из рядов Вооруженных сил, даже не присвоив очередное звание.

Рост международной напряженности в связи с украинским кризисом повысил опасность мирового военного конфликта. В 2014 г. истребители НАТО поднимались на перехват российских самолетов втрое чаще, чем годом раньше. Британский аналитический центр European Leadership Network насчитал за первые восемь месяцев 2014 г. три случая, которые были на грани применения оружия. Итак, если до украинского кризиса в среднем в год возникало менее одного случая опасности конфликта, то год назад их было уже около пяти, а сейчас, видимо, еще больше.

Один случай, пять случаев — много это или мало? Опасно или не очень? Попробуем оценить (пусть и очень условно). В.Смил в своей известной монографии (2008)\* на основании экспертных оценок принимает однопроцентную вероятность перерастания особо опасного инцидента в ядерный конфликт. Исходя из этого, оценим опасность «самоуничтожения по ошибке». При пяти случаях за год вероятность апокалипсиса за пять лет (вполне возможный срок продолжительности крымско-украинского конфликта) окажется близкой к 20%. Для сравнения — вероятность для москвича оказаться среди жертв взрывов в метро или среди заложников «Норд-Оста» составляла около 0.05%. При сохранении уровня напряженности в пять опасных инцидентов за год вероятность благополучного (без ядерной войны) завершения текущего столетия составит менее 1%. Такая оценка вероятности самоуничтожения человечества представляется вполне весомой заявкой на реализацию парадокса Ферми.

Приведем другие оценки вероятности развития разрушительных военных конфликтов. По данным доклада Всемирному экономическому форуму (приведены Б.Н.Порфирьевым 10 февраля 2015 г. на выступлении в Президиуме РАН), на 2015 г. вероятность гибели многих миллионов человек в военном конфликте составляет 3.6%. Это меньше нашей (5%) оценки, полученной по данным «военного» 2014 г., но существенно выше вероятности для предыдущего мирного периода времени. В упомянутой выше книге Смил пишет, что в следующие 50 лет вероятность возникновения большой войны близка к 1%. Заметим, однако, что столь оптимистичную оценку он получил для политической ситуации 1995—2010 гг. (при минимуме вооруженных конфликтов в мире и при полном отсутствии напряженности по линии ядерного противостояния Россия—НАТО).

Конечно, военное столкновение — это еще не обязательно ядерный конфликт, а ядерный конфликт — не обязательно полноценная ядерная зима. Но в свете парадокса Ферми (почти единогласное мнение специалистов, занимавшихся этой проблемой, сводится к тому, что средняя длительность существования технологических цивилизаций не превышает тысячи лет) и значительного числа происходящих в мире неожиданных тяжелых катастроф (которые до этого казались невозможными) реализация такого самоубийственного сценария не кажется надуманной.

**P.S.** Уже после принятия статьи к публикации появилась информация по итогам наблюдений с помощью космической обсерватории Kepler о весьма необычном излучении звезды KIC 8462852 из созвездия Лебедя, находящейся на

\* Смил В. Глобальные катастрофы и тренды. Следующие 50 лет (русский перевод С.В. Зубкова). М., 2012.

расстоянии 1480 св. лет от Земли (толщина диска нашей Галактики — 1000 св. лет). Излучение временами резко ослабевало, что можно объяснить наличием вблизи звезды протяженных объектов для улавливания солнечной энергии, как это предполагается в модели сферы Дайсона. Готовится специальная программа исследования удивительного эффекта\*.

Если гипотеза об его искусственной природе подтвердится, то это будет указывать как на не единственность феномена технологической цивилизации во Вселенной, так и на его крайнюю редкость. ■

\* <http://lenta.ru/news/2015/10/14/strangestar>

## Сто лет одиночества?

А.В.Бялко,  
доктор физико-математических наук  
журнал «Природа»  
Москва

Формула Дрейка внушает много сомнений, отмеченных всеми учеными, обсуждавшими эти вопросы. Она не есть формула в обычном физическом смысле. Этот очерк также представляет собой не научную публикацию, а эссе, свободное обсуждение сопряженных вопросов. Такая форма позволяет использовать далекие аналогии и замену научных доказательств физической интуицией.

Единственная величина в формуле Дрейка, по размерности обратная времени, — скорость звездообразования. Какое отношение имеет она к вероятности зарождения жизни? В связи этих величин присутствует некоторая логика. К сожалению, она выходит за границу современных знаний по той причине, что мы не имеем ясных представлений о зарождении жизни, в частности о том, как возникает монокиральность аминокислот, образующих белковые молекулы. Бета-распад некоторых изотопов в составе молодых звезд и окружающих их планет, в принципе, имеет нужную асимметрию. Но никому пока не удалось показать, каким образом поляризованные электроны, возникающие при бета-распаде, могли бы инициировать синтез киральных молекул. К тому же само рождение звезд из облаков молекулярного водорода — процесс, теоретически далеко не ясный. Наблюдательно он сопровождается генерацией джетов (потоков холодного газа, исходящих из полюсов молодой звезды) и сильных магнитных полей, сжимающих эти джеты в тонкие струи.

Обратим внимание на необъясненные странности вращения Солнца. Во-первых, оно очень медленное — весь момент вращения Солнечной системы сосредоточен в планетах. Во-вторых, медленнее всего вращается газ вблизи солнечных

полюсов. На экваторе и в солнечных недрах угловая скорость выше. Такая ситуация могла сложиться, если бы молодое Солнце отдавало излишний момент вращения джетам, исходящим из его полюсов. К сожалению, вразумительной теории джетов у нас нет.

Эти рассуждения, конечно, носят гипотетический характер, но, даже если принять такой подход, логические пробелы все равно остаются. Ведь все звезды когда-то родились, а на ранних стадиях Галактики скорость звездообразования была минимум на пару порядков выше. Нам же потребовалось 4.5 млрд лет для достижения разумного состояния, что лишь в 3 раза меньше возраста Вселенной. Возможно, для оценки потенциального числа цивилизаций в Галактике более целесообразно подсчитать те звезды, которые похожи на Солнце и отличаются от него не более чем в три—пять раз по массе, радиусу и светимости. Это нетрудно сделать с помощью диаграммы Герцшпрунга—Рассела (рис.1), демонстрирующей зависимость светимости звезды от температуры ее поверхности. Точка Солнца лежит на главной последовательности диаграммы среди звезд не очень массивных и не очень старых. Если среди них отобрать расположенные в Галактике примерно на том же расстоянии от ее центра, что и Солнце, мы получим перечень возможных кандидатов для поиска внеземных цивилизаций. Примерно такой подход был принят и в проекте SETI, но успехом он не увенчался.

Утверждение, что коэффициенты формулы Дрейка  $F_3, F_4$ , описывающие вероятность эволюции от зарождения жизни до цивилизации, близки к единице, конечно, сильно преувеличено. С оговорками оно может оказаться верным только в пределе очень долгого времени эволюции. Приведу пример. Допустим, в подледном океане Европы существует бактериальная жизнь. Каков шанс



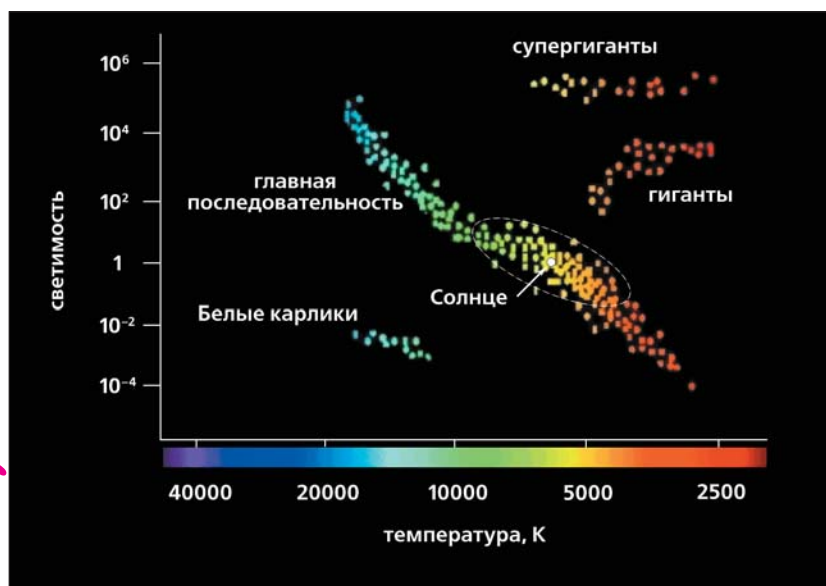


Рис.1. Диаграмма Герцшпрунга—Рассела. Светимость приведена в единицах светимости Солнца. Штриховой линией показана область звезд, где можно ожидать разумную жизнь.

ее выхода из-под льда, а тем более развития до разумного уровня? Он практически равен нулю. Ненулевой сценарий может выглядеть следующим образом. Европа сталкивается с другим телом сравнимой массы. Осколки переносят бактериальную жизнь, скажем, на Марс, и выпадает шанс для ее дальнейшего развития. Но для тел, подобных Европе, это сценарий не будущего (сейчас Солнечная система слишком устойчива), а лишь вероятного прошлого.

Однако не будем забывать о кометах. Представим себе, что большая комета (например, комета Галлея с массой  $10^{15}$  кг), двигающаяся с относительной скоростью 40–60 км/с, сталкивается с Энцеладом ( $6 \cdot 10^{19}$  кг) или с Европой ( $5 \cdot 10^{22}$  кг). Моделирование такого столкновения, аналогичного сценарию рождения Луны при мегаимпакте, представляло бы значительный интерес. Качественно картина выглядит примерно так. Весь ледяной покров раскалывается, вода океана выплескивается. Частично она испаряется, но множество водяных брызг быстро замерзает. Океан снова покрывается льдом, не оставляя следов кратера. Ледяные осколки, не удерживаемые относительно слабой гравитацией, сформируют новые кольца Юпитера или Сатурна, но заметная часть подледного океана разлетится во внутреннюю часть Солнечной системы. Первые осколки выпадут на Марс и Землю всего через несколько десятков лет после такого столкновения.

\* \* \*

При всех своих недостатках формула Дрейка уже столетия признается научной средой. Будем ее использовать за неимением лучшего и мы.

Обнаружение кандидатов в цивилизации по аномальному радиоизлучению — только первая стадия. Следующая состоит в том, чтобы установить с инопланетянами двустороннюю связь. Пока в проекте Мильнера—Хоукинга такая задача не ставится, но для обсуждения она не закрыта. После установления возможных кандидатов в цивилизации, которые овладели радиосвязью, можно будет посылать к ним сфокусированные сигналы, содержащие информацию о нашей цивилизации.

Но если мы собираемся обнаружить разумную внеземную жизнь, то и она может (или уже смогла!) обнаружить нас. Поставим обратную задачу. С какой вероятностью развитая цивилизация некой звездной системы в нашей Галактике может обнаружить повышенный уровень

радиоизлучения Земли? В оценке вероятности установления связи между двумя цивилизациями должна присутствовать скорость света  $c$ . С момента открытия и освоения радиосвязи (1895—1897) прошло  $t = 120$  лет. Фактически этот срок меньше, поскольку первые опыты по установлению дальней радиосвязи не выносили информацию в космос — длинные радиоволны отражались от ионосферы. Импульсы радиолокации времен Второй мировой войны уже достигали космоса, но они не несли информации. Только телевидение и связь с первыми спутниками начали посылать информационные радиосигналы. Они успели распространиться на расстояние около 70 св. лет:  $ct = 2 \cdot 10^{18}$  м.

Плотность звезд в окрестности Солнца  $n = 0.004$  (в единицах обратных световых лет в кубе). Таким образом, только потенциальные обитатели ближайших звезд ( $N = 1400$ ) сегодня имеют шанс зафиксировать существование нашей цивилизации. Полное число звезд Галактики составляет примерно  $2 \cdot 10^{11}$ . Убавим его, учитывая, что значительную их часть экранирует от нас (а нас от них) межзвездная пыль. Тогда окажется, что на сегодня внеземная цивилизация Галактики могла обнаружить жизнь на Земле с вероятностью всего  $\sim 10^{-8}$ . Еще через 100 лет такая вероятность возрастет примерно на порядок, и только через  $10^5$  лет (что соответствует размеру Галактики в световых годах) она окажется около единицы.

А теперь сопоставим число внеземных цивилизаций по формуле Дрейка (пропорциональное  $\Delta t$ ) и число тех, которые сумеют обнаружить нас за время  $t$ . Эти времена физически разные:  $t$  — величина переменная, отсчитываемая с середины прошлого века, а  $\Delta t$  (продолжительность существ-

ования внеземной цивилизации) — величина неизвестная, с большим разбросом возможных значений. Однако число цивилизаций в обеих формулах:

$$N \approx 10\Delta t \text{ и } N \approx n(ct)^3,$$

по сути одно и то же. Как видно из графика, эти зависимости пересекаются при  $t \approx \Delta t \approx 50$  лет (рис.2) Всего! Этот удивительный ответ по меньшей мере говорит нам о том, что поиск иных цивилизаций начат своевременно.

Но можно ли по этим оценкам судить о вероятности двусторонней связи с иной цивилизацией? В оптике и акустике сплошных сред существует принцип взаимности (или обратимости) Гельмгольца—Стокса. Если не углубляться в математическое обоснование, суть этого принципа такова: луч, полученный приемником и отправленный назад, вернется к первичному источнику по той же траектории. Конечно, цивилизация, передающая, принимающая и дешифрующая информацию, гораздо сложнее, чем просто отражающий источник света. Применение принципа взаимности к вероятностям обнаружения — операция гипотетическая. Нужно доказать или, во всяком случае, оправдать наличие линейности среды, отсутствие в ней значительных магнитных полей, а главное, симметрии нашего и удаленного источника информации, о котором нам ничего не известно. Для наглядной демонстрации ситуации, при которой принцип взаимности не выполняется, вспомним знаменитую одесскую лестницу. Если смотреть на нее сверху, видишь одни площадки, а если снизу — только ступеньки. Причина одесского парадокса очевидна: позиции двух наблюдателей асимметричны. У нас тоже нет оснований полагать, что на какой-то планете в окрестности далекой звезды жизнь и техника развивалась примерно так же, как у нас, и в те же сроки.

Попробуем приравнять (по порядку) величины  $t$  и  $\Delta t$  в этих двух формулах. Оценка окажется поразительной. Она заставляет задуматься, что бы это могло означать? Вариантов существует довольно много. Прежде всего, не пренебрежем воз-

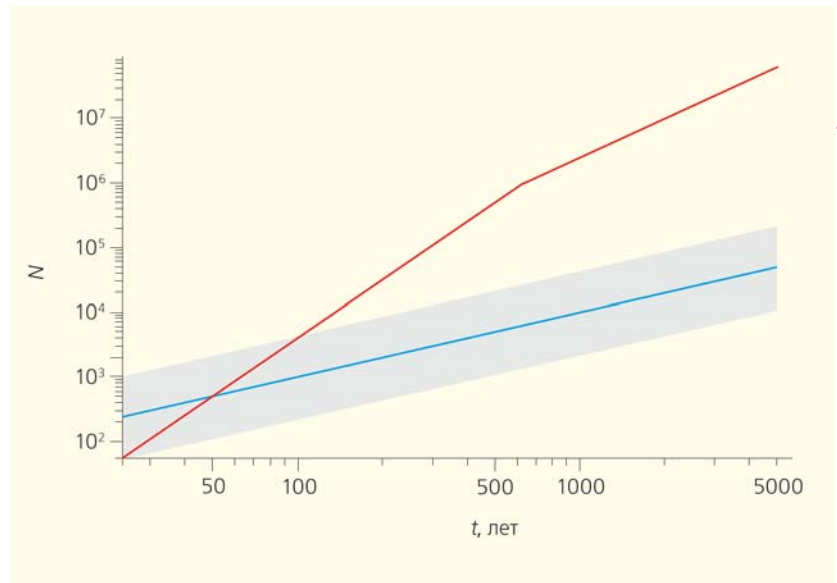


Рис.2. Возможные внеземные цивилизации в Галактике. Синяя линия с областью неопределенности — оценка Дрейка в зависимости от времен их существования. Красная линия — рост числа цивилизаций, которые смогут нас обнаружить. Ее излом связан с дисковой структурой Галактики.

можностью того, что принцип взаимности все-таки применим к вероятностям установления связи с иными цивилизациями. Но если он все же справедлив, то:

- есть серьезный шанс обнаружить внеземную цивилизацию и установить с ней связь уже в течение этого столетия;

- или в те же сроки наша цивилизация будет опознана иной, более развитой (маловероятный вариант — уже опознана, но мы этого не заметили);

- если принять, что 50 лет для срока существования относится и к нашей цивилизации, то придется серьезнее отнестись к апокалиптическим выводам предыдущей статьи;

- наконец, самое простое (но думаю и самое вероятное) предположение состоит в том, что инопланетяне по каким-то причинам вообще не используют радиоизлучение, выходящее в космос. Причем это может происходить даже не из требований секретности планеты. Скажем, лет сто они излучали радиоволны во все стороны, а потом полностью перешли на оптико-волоконную или узконаправленную лазерную связь. Наша собственная эволюция, кстати, именно так и происходит.

Вероятность связи с внеземной цивилизацией в этом случае окажется близкой к нулю. ■

# Времена и люди Шарьяжно-надвиговой теории — 50 лет

*Когда справедливость исчезнет, то не останется ничего, что могло бы придать ценность жизни людей.*

И.Кант

*Наука — это неустанная многовековая работа мысли свести вместе посредством системы все познаваемые явления нашего мира.*

А.Эйнштейн

Р.А.Исмагилов,

кандидат геолого-минералогических наук  
Академия наук Республики Башкортостан,  
Институт геологии Уфимского научного центра РАН (УНЦ РАН)

И.М.Фархутдинов,

кандидат геолого-минералогических наук,

А.М.Фархутдинов,

Башкирский государственный университет

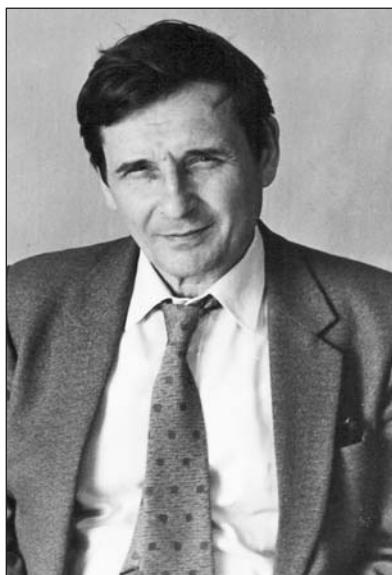
Л.М.Фархутдинова,

доктор медицинских наук

Башкирский государственный медицинский университет  
г.Уфа

Данная публикация посвящена памяти выдающегося ученого-геолога Мурата Абдулхаковича Камалетдинова — создателя шарьяжно\*-надвиговой теории, первооткрывателя покровной тектоники Урала, основателя геотектонической научной школы.

В 1965 г. вышла статья Камалетдинова «К вопросу о покровной тектонике Урала в свете новых данных», которая открыла новую страницу в истории геологии [1].



М.А.Камалетдинов (1928—2013).

## И все-таки это шарьяж

Мурат Абдулхакович родился в 1928 г. в сибирском городе Томске. В 1934 г. по приглашению на работу в «Главзолото» его отец — горный инженер Абдулхак Исакович — с семьей переехал в Москву. В период массового террора, в 1937 г., весь инженерный корпус «Главзолота» был расстрелян, в том числе 38-лет-

ний А.И.Камалетдинов. В 1956 г. он был реабилитирован.

В 1937 г. девятилетнего Мурата, его младшего брата Рафиля и их маму забрал в Казань дедушка — Исхак Муртазович Камалетдинов, ставший внукам главным наставником и другом. Он высоко ценил науку, особенно геологию. Это определило выбор профессии мальчиков.

После окончания в 1953 г. геологического факультета Казанского университета Мурата Камалетдинова направили на Южный Урал, в Стерлитамакскую геолого-поисковую контору треста «Башвостокнефтегазразведка». Там организовали экспедицию для производства геологосъемочных работ с нефтяной тематикой. Вскоре Мурат становится главным геологом, опреде-

ляет направления исследований. За 16-летний период работы в геолого-поисковой конторе Камалетдинов получил обширные сведения о строении Уральских гор и, без преувеличения, стал ведущим специалистом на Урале (рис. 1).

Геолого-съемочные работы пятидесятилетнего масштаба начались с хребта Каратау — таежной горной местности на Южном Урале. Именно здесь Камалетдинов в 1954 г. сделал свое первое

\* Шарьяж — горизонтальный или пологий надвиг с перемещением масс в виде покрова на большие расстояния.

крупное открытие, которое определило всю его дальнейшую жизнь: выделил и закартировал шарьяж, что перевернуло традиционные взгляды предшествовавших исследователей о вертикально-блоковой структуре хребта. Новые воззрения молодого специалиста были зафиксированы в листе N-40-X государственной геологической карты СССР масштаба 1:200 000, изданной в 1956 г. под редакцией А.И.Олли со ссылкой на производственные отчеты Камалетдинова.

### Из истории шарьяжей

Первые сведения о шарьяжах относятся к середине XIX в., когда французские геологи М.Бертран, М.Люже, Э.Арган и др. обнаружили в Альпах горизонтальные перемещения горных пород на десятки и сотни километров. Это открытие вызвало много споров, и лишь в 1903 г. на Международном геологическом конгрессе в Вене новые структуры признали официально. Но их существование допускалось только в молодых горных сооружениях.

В 1927 г. геолог из Казанского университета Г.Н.Фредерикс впервые описал крупный шарьяж на Урале — древнем горном массиве — и выдвинул идею о его покровном строении. В 1930-х годах крупные надвиги в различных районах Урала обнаружили и другие геологи. Против новых представлений ополчились сторонники фиксизма.

Дискуссия по уральским шарьяжам в СССР в 1930-х годах приобрела трагический оборот: поскольку мобилизм объявили веянием «враждебного капиталистического лагеря», то и шарьяж оказался под запретом за его «буржуазное происхождение». Фредерикса в 1938 г. расстреляли. Такая же участь постигла многих отечественных мобилистов. Расстреляны как враги народа профессор Д.И.Мушкетов, геологи Н.А.Зенченко, О.Л.Абакумова, другие отправлены в лагеря и ссылки, а оставшиеся были морально сломлены [2].

Мировая научная общественность хорошо знакома с разгромом генетики в Советском Союзе в 1940-х годах, связанным с именем Лысенко. О репрессиях геологов в период сталинского режима известно гораздо меньше, а ведь гонения на геологию начались раньше, чем на генетику, и шарьяжисты стали жертвами большевистской нетерпимости к инакомыслию. Памяти геологов, известных и забытых, ставивших научную честность выше других интересов, даже когда это стоило жизни, Мурат Абдулхакович посвятил книгу «Ученые и время» [3].

В 1945 г. академик Н.С.Шатский писал, что стратиграфия рифейского комплекса «заставляет окончательно отказаться от гипотезы крупных шарьяжных перекрытий на западном склоне Урала» [4]. А.Л.Яншин (1983) вспоминал, как после Второй мировой войны на Карпаты направили экспедицию Московского университета с уста-

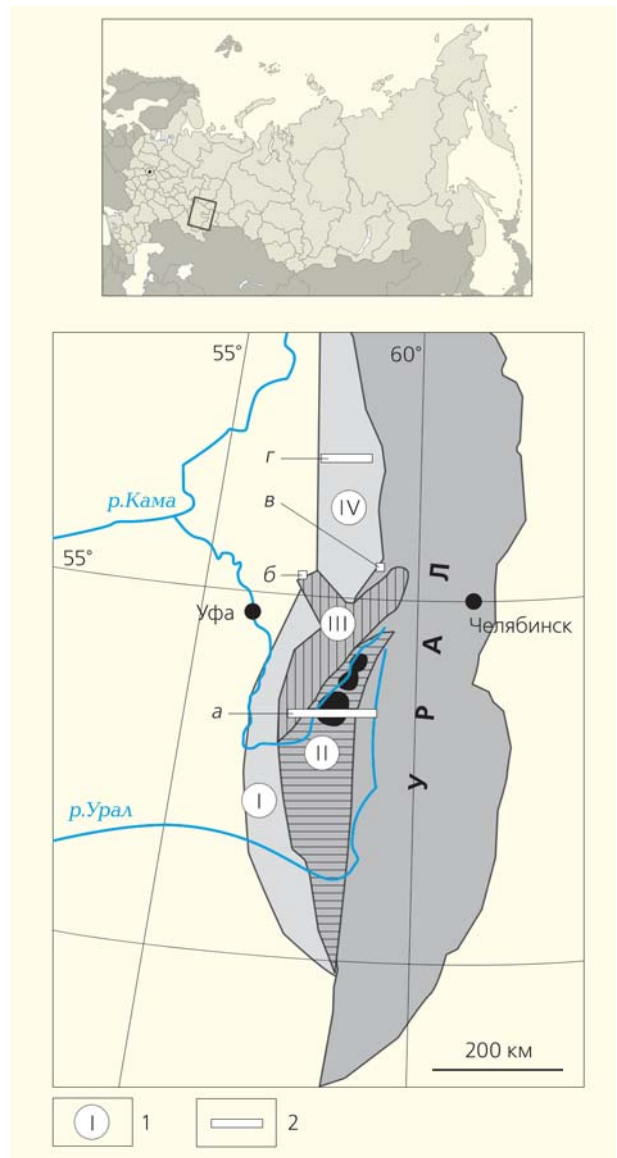


Рис.1. Обзорная схема Южного Урала и Предуральского прогиба. 1 — структуры: I — Бельская впадина, Шихано-Ишимбайская седловина и Мраковская депрессия Предуральского прогиба; II — Зилаирский синклиорий Урала; III — Башкирский мегаантиклинорий Урала; IV — Юрюзано-Сылвенская депрессия Предуральского прогиба; 2 — геологические объекты и разрезы: а — разрез через массив Крака (см. рис.4, 5), б — надвиг хребта Каратау, в — клиппы в бассейне р.Ураим (см. рис.4), г — разрез через Юрюзано-Сылвенскую депрессию (см. рис.5).

новкой ликвидировать при картировании шарьяжи, что и было сделано. Впоследствии эти карты, составленные в фиксизмском варианте, признали стопроцентным браком.

После смерти Сталина запрет на мобилизм был снят, но сознание оказалось надолго скованным агрессивной идеологической пропагандой, затормозившей развитие науки.



## Шарьяжи и покровы на Урале

Времена и люди

Картирование Камалетдиновым шарьяжа в 1954 г., противоречившее официальной науке, требовало большой смелости и твердости духа. *О моем открытии шарьяжа на хр.Каратау тотчас «наступал» в местный КГБ секретарь парткома Стерлитамакской геолого-поисковой конторы Н.В.Ларионов, и меня сняли с должности начальника геологической партии, запретив пользоваться картами с грифами «секретно» и «для служебного пользования», — вспоминал ученый [5].* Благодаря вмешательству вышестоящего начальства — главных геологов восточного и западного трестов «Башнефти» Ф.С.Куликова и Н.И.Мешалкина — через год его восстановили в должности. Они еще не раз вставали на защиту молодого геолога, веря фактам, а не спущенным сверху догмам. Память об этих людях Мурат Абдулхакович сохранил на всю жизнь.

Камалетдинов не отступил, продолжая открывать новые шарьяжные структуры на Южном и Среднем Урале. В 1958 г. по приглашению «Башнефти» на Урал приехал признанный международный авторитет и лидер фиксистской школы В.В.Белоусов с группой ученых из Института физики Земли АН СССР и Московского государственного университета для осуществления научного руководства Стерлитамакской экспедицией. На Урале Белоусов раньше не работал.

Через год московская команда пришла к выводу о вертикальной структуре Уральских гор, в противоположность Камалетдинову, который за пять лет работы на Урале подтвердил его шарьяжное строение. В отличие от московской группы, Стерлитамакская экспедиция провела землерой-

ные работы и глубокое бурение, что обеспечивало гораздо более высокую информативность. Составленные в то время карты до сих пор остаются непревзойденными по своей детальности. Тем не менее казалось, что выводы сотрудников Белоусова ни у кого не вызовут сомнений в связи с огромным авторитетом их руководителя. Однако Куликов, хорошо знавший качество работ Камалетдинова, посчитал необходимым их защитить и прервал договор с москвичами. Лишенный чиновничества, Федор Семенович не испугался негативной реакции руководства «Башнефти». Справедливость для него была дороже [6].

В 1960 г. геолого-съемочные работы в пределах Уфимского амфитеатра, одной из самых сложных в геологическом отношении зон Урала, позволили Камалетдинову впервые закартировать ранее неизвестные тектонические останцы кремнистых пород силура — клиппы, лежащие на поверхности более молодых среднекаменноугольных отложений.

Советская геология в тот период отрицала клиппы (как и шарьяжи). На Урале все выходы более древних пород среди молодых отложений связывали исключительно с антиклинальной структурой. Каждый шарьяж и клипп Камалетдинову приходилось доказывать с помощью детальной геологической съемки с применением большого объема горных работ и бурения скважин [7]. Установленные им клиппы свидетельствовали о том, что Урал в геологическом прошлом тектонически перекрыт крупнейшими аллохтонными (перемещенными) массивами, ныне размытыми и сохранившимися лишь местами в синклинальных прогибах (рис.2).

Мурат Абдулхакович всегда был открыт диалогу, охотно встречал заинтересовавшихся ученых и производственников, проводил геологические экскурсии, убеждая в своей правоте.

Важнейший практический вывод аллохтонного залегания уральских отложений — перспективность поднадвиговых платформенных отложений на поиски залежей нефти и газа. В 1963 г. Камалетдинов защитил кандидатскую диссертацию «Геология и перспективы нефтегазности южной части Уфимского амфитеатра».

В тот период Мурата Абдулхаковича уже поглотила новая идея. Он полагал, что Кракинские гипербазитовые массивы и Сакмарское поднятие, расположенные на севере и юге Зилаирского синклинория, могут оказаться тектоническими покровами. Этому имелись определенные подтверждения. В част-



В геологическом маршруте с академиком Д.В.Наливкиным. 1959 г.

ности, нигде не наблюдались термальные контакты ультраосновных и осадочных пород. Гипербазиты Крака — часть древней океанической коры — лежат на вершине Уральских гор. Проблемой их происхождения занимались многие крупные ученые (А.Н.Заварицкий, Б.М.Романов, Д.Г.Ожиганов и др.). Все они доказывали интрузивное происхождение Кракинского массива, который обозначался на картах в виде грибовидной структуры (рис.3).

Новая гипотеза, опровергавшая общепринятые представления, требовала детальной проработки. В 1965 г. в Стерлитамак на время отпуска приехали геологи Т.Т. и Ю.В.Казанцевы, специалисты по магматическим породам. Знакомство с Муратом Абдулхаковичем сделало их единомышленниками, и с тех пор они работали вместе.

В 1967 г. Камалетдинов создал тематическую геолого-съемочную партию для изучения строения гор Крака, назначив ее начальником Казанцеву. В результате работы, проведенной с использованием всех известных в геологии методик, на территории СССР впервые было установлено аллохтонное залегание офиолитов (рис.4), что стало настоящей научной сенсацией в мировой геологии [9, 10]. Практическое значение правильного осмысления тектонического строения гипербазитов можно понять на примере Останинского хромитоносного массива Среднего Урала. При размерах 5×7 км он был пробурен равномерной сетью из более чем 100 скважин (с шагом 400 м), которые показали, что мощность гипербазитов по вертикали там не превышала 440 м. Причиной столь большого количества пробуренных здесь скважин было ошибочное мнение геологов о его интрузивном происхождении и надежда найти подводящий канал с наибольшим оруденением.

Исследования, осуществленные в последующие годы, охватили весь Южный Урал, где всюду были пересмотрены представления о тектонике и доказана ведущая роль надвигов. В.И.Сизых писал на страницах «Природы» о работах Камалетдинова: *Он критически переосмыслил всю геологию этого горного сооружения, не укладывавшуюся в прокрустово ложе фиксизма* [11].

В 1970-х годах пробурили скважины в зоне сочленения Башкирского мегаантиклинория Урала и Предуральяского прогиба. Многие из них показали наличие платформенных автохтонных отложений палеозоя

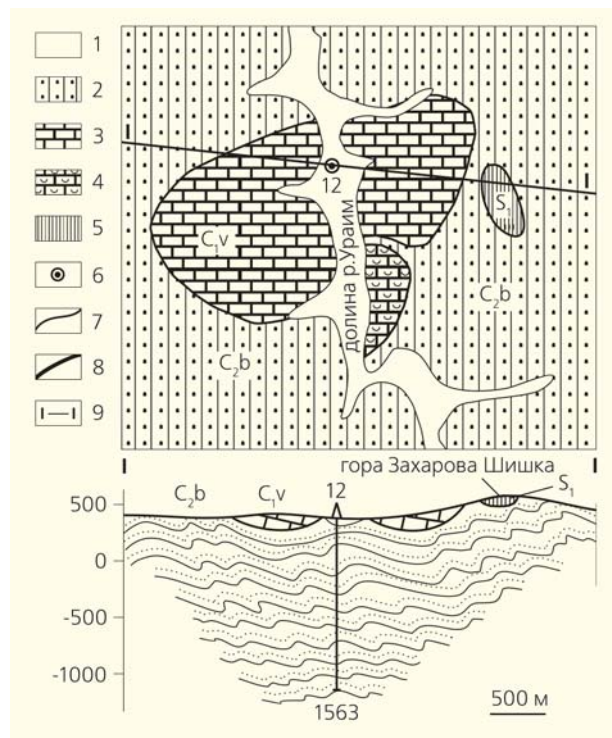


Рис.2. Геологическая карта бассейна р.Ураим (район г.Захаровой Шишки) и разрез по линии I—I [8]. 1 — четвертичные отложения, 2 — средний карбон, 3 — нижний карбон, 4 — верхний девон, 5 — нижний силур, 6 — скважина, 7 — границы четвертичных отложений, 8 — тектонические контакты, 9 — линия разреза.

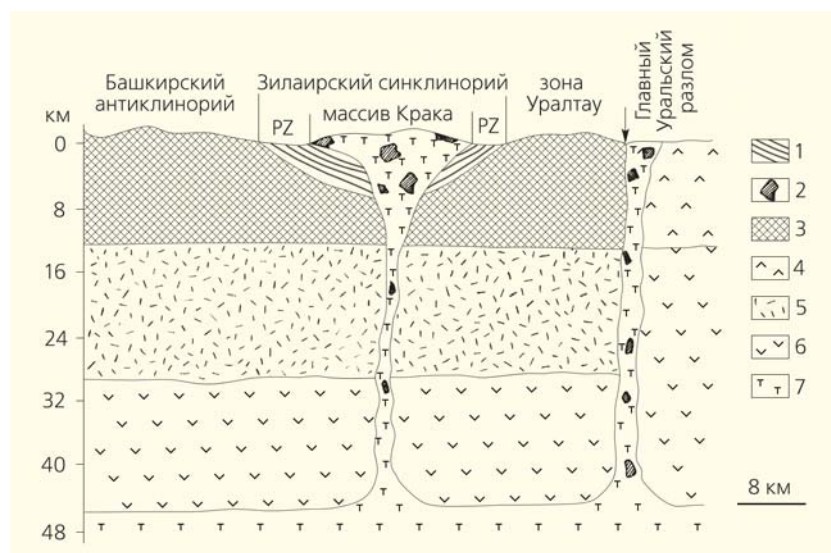


Рис.3. Геологический разрез массива Крака, составленный по представлениям сторонников автохтонного залегания массива в форме глубинной интрузии [9]. 1 — палеозойские отложения (известняки, песчаники, аргиллиты, сланцы), 2 — ксенолиты, сложенные вулканогенно-осадочными образованиями силура и девона, 3 — рифейские отложения, 4 — палеозойские вулканогенно-осадочные отложения эвгеосинклиналиной зоны, 5 — гранито-гнейсовый фундамент, 6 — «базальтовый» слой, 7 — гипербазиты.



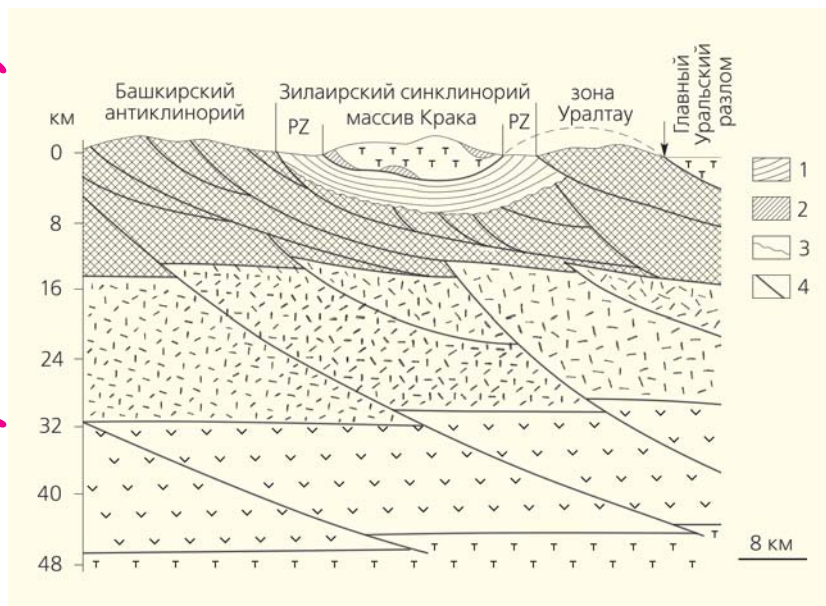


Рис.4. Геологический разрез через массивы Крака и зону Уралтау [9]. 1 — палеозойские отложения (известняки, песчаники, аргиллиты, сланцы), 2 — глыбы палеозойских вулканогенно-осадочных (эвгеосинклинальных) пород в составе меланжа, 3 — стратиграфическая граница с разрывом, 4 — границы шарьяжных пластин. Остальные условные обозначения см. на рис.5.

под аллохтонными рифейскими и полностью подтвердили взгляды Камалетдинова, высказанные еще в начале 1960-х годов.

В 1972 г. Мурат Абдулхакович успешно защитил докторскую диссертацию в Геологическом институте (ГИН) АН СССР в Москве, а в 1974 г. опубликовал монографию «Покровные структуры Ура-

совещания, и ряды сторонников шарьяжного строения Урала пополнялись крупнейшими российскими и зарубежными учеными. Многие из них приезжали на Урал для знакомства с новыми данными и их автором.

В 1983 г. в Башкирской АССР прошла выездная сессия Отделения геологии, геофизики, геохимии и горных наук АН СССР, в которой участвовали 11 академиков и членов-корреспондентов АН СССР — весь цвет геологической науки страны из Москвы, Ленинграда, Свердловска, Минска, Уфы и других городов — более 70 человек. По решениям сессии, впервые после многих лет запрета, шарьяжное строение Урала признали официально.

В письме академика В.Е.Хаина в Комитет по Госпремиям РСФСР говорится: *В течение последних 20 лет произошло коренное изменение наших представлений о строении складчатых систем нашей страны, включая и вошедшие в состав фундаментов платформ. В основе этих изменений лежит признание шарьяжно-надвиговой структуры подобных систем. Эта модель была разрабо-*



Выездная сессия Отделения геологии, геофизики, геохимии и горных наук АН СССР. Слева направо: Б.С.Соколов, М.А.Камалетдинов, А.Л.Яншин, А.В.Пейве, второй справа — В.Е.Хаин. Южный Урал. 1983 г.

тана у нас с достаточной полнотой впервые на примере Урала группой исследователей во главе с М.А. Камалетдиновым. Они не ограничились ее созданием, но посвятили много труда развитию общей теории образования шарьяжных структур, подчеркивающей их ведущую роль в строении и развитии подвижных поясов земной коры. Мало того, организовав в Уфе систематическое проведение семинаров по шарьяжной тектонике, М.А. Камалетдинов и его коллеги сделали бакирский Институт геологии центром притяжения всех интересующихся шарьяжной тектоникой (а их становится все больше) и стали бесспорными лидерами этого направления в нашей науке.

### Становление шарьяжно-надвиговой теории

В 1980-х годах Камалетдинов совместно с Казанцевыми выполнил сравнительный анализ тектоники Урала с Крымом, Кавказом, Памиром, Верхоянским хребтом, Гималаями, Аппалачами, Скалистыми горами и другими орогенными зонами. Результаты этого исследования позволили впервые прийти к выводу о шарьяжно-надвиговом строении всех горных поясов мира и их аллохтонном залегании на континентах.

Анализ обширных данных показал существование генетической связи полезных ископаемых с аллохтонами, которые создавали условия для их генерации и скопления в залежи.

Все эти работы позволили Камалетдинову создать новую глобальную геологическую теорию, названную им шарьяжно-надвиговой. Согласно ей, шарьяжи представляют собой главные структурные элементы каменной оболочки нашей планеты, движением которых обусловлены основные геологические процессы в прошлом и настоящем: горообразование, складчатость, осадконакопление, магматизм, метаморфизм, сейсмичность, а также формирование важнейших полезных ископаемых (нефти, газа, руд металлов, алмазов и других минералов). Данная теория впервые позволила объяснить геологические явления и процессы в их причинно-следственных связях с единых мобилистских позиций и стала крупным научным достижением современной геологии.

Вопрос орогенеза оставался одним из самых сложных в геологии. Существовало более 40 моделей складкообразования. Долгое время считалось, что сначала возникает складка, которая с ростом крутизны своих крыльев *исчерпывает возможности пластической дислокации* и разрывается. Образование шарьяжей связывали с гигантской опрокинутой складкой. Детальное изучение происхождения складок под руководством Камалетдинова (1978) в горных областях и моделирование их в лабораториях показали существование обратной последовательности: сначала возникает

разрывное, надвиговое нарушение, вслед за которым образуется пликативная складчатая деформация. Складка без разрывного нарушения (надвига, шарьяжа, срыва по пластичным горизонтам) не образуется. Масштабы надвиговых нарушений неизмеримо больше пликативных. Это открытие доказало, что без шарьяжно-надвиговых нарушений не может возникнуть ни горно-складчатое сооружение, ни континентальный массив.

Одним из сложнейших в тектонике был вопрос передачи горизонтальных напряжений на значительные расстояния. Дело в том, что складчатость представляет собой пластическую дислокацию, которая не может распространяться далеко от источника механического воздействия. Камалетдинов и его группа решили эту проблему, доказав, что складки возникают в узких фронтальных частях движущихся пластин (там, где их толщина уменьшается), способствуя развитию пластических деформаций. Ранее считалось, что складчатость и горообразование происходят в различных геодинамических обстановках: складчатость — в условиях сжатия, а орогенез — в условиях растяжения. Мурат Абдулхакович показал: между механизмами горообразования в молодых и древних складчатых поясах нет принципиальной разницы. Горы в геосинклинальных областях и на платформах образуются одинаково — в форме движения аллохтонных пластин. Складчатость и орогенез — два тесно взаимосвязанных процесса, происходящих одновременно.

Согласно шарьяжно-надвиговой теории, все материка состоят из многослойного нагромождения друг на друга большого количества шарьяжных пластин, формируя зоны мощного тектонического скупивания, благодаря которому континентальные массивы имеют в разрезе форму двояковыпуклой линзы: их подошвы глубоко погружаются в мантию, а поверхности возвышаются над уровнем моря.

С точки зрения теории шарьяжей сейсмичность Земли объясняется движением аллохтонных пластин в горизонтальном направлении, из-за трения происходящим не плавно, а скачкообразно. Энергия упругого бокового сжатия вначале накапливается в неподвижной пластине, но после преодоления сил трения пластина срывается с места, вызывая различной силы землетрясения на поверхности земли.

Проблема происхождения нефти также рассматривалась Камалетдиновым с соавторами в свете шарьяжной теории. «Узким местом» в органической теории образования углеводородов оставался вопрос о низкой проницаемости глинистых толщ, которые из-за этого не могут отдавать захороненные в них флюиды. Мурат Абдулхакович доказал, что при горизонтальном сжатии, вызывающем латеральные движения пород, нефтематеринские глинистые пласты механически разрушаются и приобретают высокую проницае-



мость. Кроме того, здесь создаются необходимые термобарические условия для генерации нефти и газа из захороненного органического вещества. Согласно шарьяжной концепции нафтидогенеза, промышленные скопления углеводородов могут содержаться в породах широкого стратиграфического диапазона и любого литологического состава: от песчаников и известняков до гранитов и гипербазитов. Важная роль отводится трещинным коллекторам, связанным с надвигами и шарьяжами, а также породам-покрышкам, способным сохранить залежь от разрушения.

Установленная генетическая связь принадвиговых антиклиналей с шарьяжами и нефтяными месторождениями позволила Камалетдинову разработать эффективную методику (1976, 1978), с помощью которой были открыты нефтяные и нефтегазовые месторождения в Предуральском прогибе и на западном склоне Урала: Табынское, Тейрукское, Шабагшское, Ермолаевское, Ромадановское, Бакракское, Архангельское, Воскресенское и др.

Надвиговые нарушения стали использовать в качестве поискового признака для выявления ловушек углеводородов. В связи с тем, что такие дислокации прослеживаются на сотни километров, обнаруживать их легче, чем подчиненные им антиклинали. Это хорошо видно на примере Предуральского прогиба.

Шарьяжная теория предсказывает перспективность открытия крупных месторождений нефти, газа и твердых полезных ископаемых в поднадвиговых зонах Урала и других складчатых областей мира. Старые представления о вертикально-блоковом строении Урала не позволяли высоко оценивать перспективы этой области на нефть и газ и тормозили изучение ее структуры.

Теория шарьяжей объясняла и механизм формирования залежей угля, для которых характерна приуроченность к надвиговым пластинам. Интенсивность надвиговых дислокаций непосредственно отражается в марочности углей: с наиболее дислоцированными зонами связаны антрациты.

На большом количестве примеров месторождений медных колчеданов, золота, железа, марганца и других руд было доказано, что зоны смятия, милонитизации и дробления, к которым приурочены рудные залежи, также связаны с шарьяжными и надвиговыми структурами. Шарьяжная теория доказывает, что образование гидротерм генетически связано с движением шарьяжей и надвигов. Синхронность процессов рудообразования с деформациями и метаморфизмом вмещающих толщ — явление вполне закономерное.

Исследования А.С.Бобохова с коллегами подтвердили: на Урале распределение палеотемператур зависит от шарьяжно-надвиговой структуры [12]. Результаты экспериментов показали, что при высоких давлениях (~500 000 кг/см<sup>2</sup>) с одновременным приложением напряжения сдвига многие окислы металлов теряют кислород, обра-

зая самородные металлы: серебро, медь, ртуть и др. Подобные условия в природе возникают в зонах надвигов и шарьяжей.

В 1971 г. Мурат Абдулхакович совместно с братом, Р.А.Камалетдиновым, впервые установили закономерность формирования Предуральского прогиба в свете шарьяжной теории, показав, что образование предгорных прогибов обусловлено изостатическим погружением краев континентальных платформ под весом надвигающихся на них горно-складчатых сооружений. Согласно прежним представлениям, миграция Предуральского прогиба объяснялась *расширением сводового поднятия Урала* [4].

Долгое время оставался нерешенным вопрос, как коралловые рифы достигают мощности в сотни метров, если необходимое условие их формирования — мелководная обстановка. Камалетдинов доказал, что рифообразование генетически связано с движением шарьяжей и надвигов. На примере девонских и раннепермских барьерных рифов в Предуральском прогибе было установлено, что рифовые массивы приурочены к антиклинальным поднятиям фронтальных частей надвигов, которые древнее самих рифов. Рифообразующие организмы селились на подводных поднятиях, сформированных принадвиговыми антиклиналями, а последующий рост рифовых построек обеспечивался за счет опускания края платформы под весом надвигавшегося с востока Уральского орогена.

Данная закономерность объяснила миграцию барьерных рифов в Предуральском прогибе с востока на запад. В позднекаменноугольный период граница прогиба с платформой проходила по меридиану Выдрзиского рифа, в ассельском веке она отодвинулась на 7—10 км к западу, в сакмарское время — еще на 15—20 км, а в артинское — на 20—30 км (рис.5). Общее расстояние миграции западной границы прогиба в течение только ранней перми составило 50—60 км [13].

Миграция рифовых массивов происходила в полном согласии с направлением и скоростью движения уральских аллохтонов. По смещению барьерных рифов можно судить, за какое геологическое время и на какое расстояние произошло движение орогенно-складчатой области в сторону платформы, что чрезвычайно важно для понимания тектоники и реконструкции геологической истории [14].

В последующие годы шарьяжная теория получила продолжение в новаторских мобилистских исследованиях, проведенных целым рядом российских геологов.

Заслуженный геолог РСФСР, профессор В.Л.Яхимович писала: *Еще 10—15 лет назад не только ведущая роль, но и само существование в природе шарьяжных структур многими геологами решительно отвергалось, а некоторые продолжают оспаривать их до сих пор. <...> Полагаю, шарьяж-*

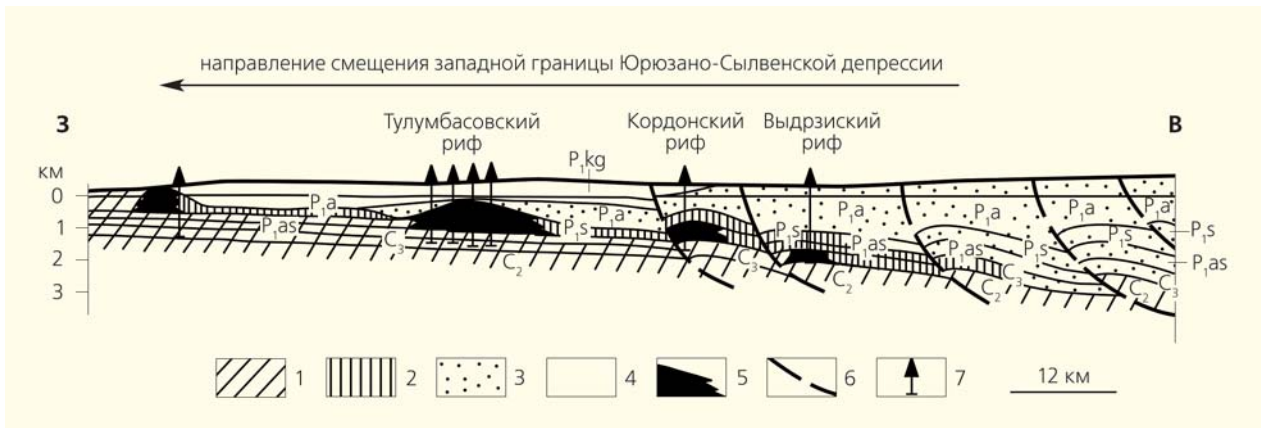


Рис.5. Тектоно-формационный профиль Юрюзано-Сылвенской депрессии на широте г.Кунгура [13]. 1—5 — формации: 1 — платформенная, 2 — депрессионная, 3 — флиш, 4 — сульфатная, 5 — рифовая, 6 — надвиги, 7 — скважины.

ную теорию можно поставить в один ряд с такими фундаментальными теориями, как клеточная теория в биологии и атомная теория в физике и химии [15].

В 1980-е годы поддержку исследованиям Камалетдинова стало оказывать руководство Башкирской АССР. В 1985 г. было принято решение о бурении на Урале 10 сверхглубоких скважин. Научной базой проекта служила шарьяжно-надвиговая теория, повышавшая нефтегазовый и рудный потенциал региона.

Теорию шарьяжей высоко оценили ведущие геологи страны, и в 1990 г. ее выдвинули на Государственную премию РФ.

\* \* \*

Создание научной теории — вершина творчества ученого. За трехсотлетнюю историю геологической науки создано лишь несколько глобальных учений. В XVIII в. теория плутонизма объясняла горообразование внутренним «жаром» Земли, а нептунизм — действием Мирового океана. В конце XIX в. появились гипотеза тепловой контракции и геосинклинальная теория. Первая связывала формирование складчатых областей с охлаждением земного шара и сморщиванием литосферы, другая — с вертикальными движениями земной коры.

В 1967—1968 гг. американские и французские исследователи У.Дж.Морган, К.Ле Пишон, Дж.Оливер, Дж.Айзекс и Л.Сайкс создали новую глобальную тектонику, или теорию литосферных плит, развившую гипотезу А.Вегенера о дрейфе континентов (1912). Новая глобальная тектоника изучает крупные сегменты земной литосферы, их движение и взаимодействие, а также структуру Мирового океана по данным геофизических исследований и глубоководного бурения. В рамках глобальной теории шарьяжей проводится исследование главным образом тектоники континентальной коры, включая структуру и происхождение горных сооружений и платформ, а также разрывные дис-

локации и связанные с ними складчатость, сейсмичность, вулканизм, метаморфизм и месторождения полезных ископаемых. Наряду с данными геофизики и бурения здесь используется геологическая съемка, применение которой при изучении океанического дна затруднено.

На основании геофизических исследований разработчики новой теории плит установили перемещение континентов, а в рамках шарьяжной теории доказано дискретное, шарьяжно-надвиговое строение литосферы и связь с ним основных геологических явлений и процессов [6].

Вместе с тем обе теории взаимно дополняют друг друга в общей концепции мобилизма. Благодаря этим учениям, из которых теория шарьяжей появилась на несколько лет раньше, многолетняя борьба мобилистских и фиксистских идей завершилась убедительной победой первых. Американские и французские ученые, разработавшие теорию литосферных плит, получили мировое признание, а судьба автора шарьяжно-надвиговой теории сложилась совсем по-другому...

В 1987 г. по инициативе Е.К.Лигачева создается Уральское отделение АН СССР, и Башкирский филиал Академии наук стал подчиняться Свердловску. Такое решение для науки Башкирии было деструктивным, поскольку снижало степень самостоятельности и материальное обеспечение, а также нарушало сложившиеся связи с Москвой. Возражавшего против такого подчинения главу республики М.З.Шакирова, согласие которого требовалось, сняли с должности. Назначенный на его место новый секретарь обкома Р.Х.Хабибуллин\* сразу завизировал постановление о переходе в Уральское отделение, а проект по бурению глубоких скважин на Урале прекратил как необоснованную трату денег. Пробурить успели только одну.

\* В 1990 г. под нажимом демократической общественности и низовых партийных организаций Хабибуллин ушел в отставку вместе со всем составом бюро обкома КПСС.

В Свердловске шарьяжи не признавались. На заседании Президиума УрО АН СССР от Камалетдинова потребовали «отречения» от мобилистских воззрений. Он решительно отказался, сравнив такой стиль руководства с гонениями на генетику [6]. *Все потеряно в том государстве, где выгоднее угождать, чем исполнять свой долг*, — сказал когда-то Шарль Монтескье. Мурат Абдулхакович своим долгом считал отстаивать науку.

В 1991 г. строптивного ученого сняли с поста директора Института геологии, а Госпремия, одобренная на всех этапах, включая Комиссию по наукам о Земле Госкомитета под председательством министра геологии РСФСР Л.Н.Ровнина и председателя Комитета по Госпремиям РСФСР Ф.А.Табеева, оказалась отклоненной.

Против незаконного снятия Камалетдинова с должности с письмом к президенту АН СССР академику Г.И.Марчуку обратились 14 ведущих ученых-геологов страны — академиком и член-корреспондентом АН СССР: *Глубокоуважаемый Гурий Иванович! Обращаемся к Вам с просьбой не утверждать Распоряжение Уральского отделения АН СССР от 15.02 с.г. №16/к об освобождении доктора геол.-мин. наук Камалетдинова М.А. от обязанностей директора Института геологии Башкирского научного центра. Все мы очень высоко ценим научную деятельность М.А.Камалетдинова, которого Уральское отделение должно было бы беречь и опекать. Это талантливый исследователь, хорошо известный всем геологическим коллективам нашей страны и за ее рубежом, доказавший своими исследованиями покровное строение Урала, много сделавший для правильного понимания восточной части Русской платформы, Крыма и Кавказа. Вообще при этом снятии был ряд нарушений порядка замещения руководящих должностей в научно-исследовательских институтах Академии наук СССР. Просим Вас дать указание Бюро Отделения геологии, геофизики, геохимии и горных наук разобраться в сложившейся ситуации, а до этого распоряжение Уральского отделения не утверждать.* Этот протест остался безответным.

В 1990 г. в научной среде Республики Башкортостан началось движение за выход из Уральского отделения, и Камалетдинов стал одним из инициаторов и основателей республиканской академии. Он был убежден, что ее образование даст возможность свободной конкуренции, стимулирующей развитие научной мысли. Несмотря на колоссальное сопротивление со стороны руководства УрО АН СССР, в 1991 г. Академия наук

Республики Башкортостан была учреждена. Башкирский научный центр УрО РАН преобразовали в Уфимский научный центр (УНЦ) РАН.

Научным событием в 1995 г. стала Международная программа Содружества стран Европы, в соответствии с которой проложили сейсмические профили «УРСЕЙС-95» через Южный, Средний и Полярный Урал. Полученный профиль подтвердил шарьяжное строение Урала и правильность ранее составленных Камалетдиновым разрезов.

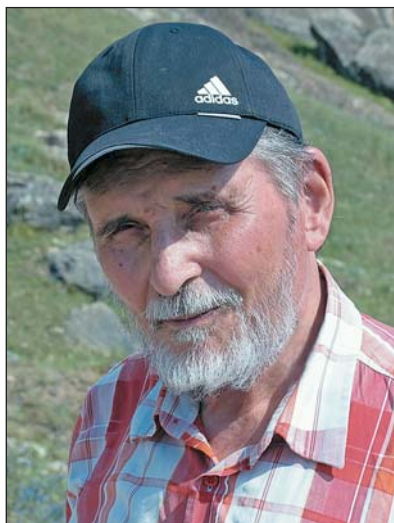
Как известно, выдающиеся научные открытия сначала категорически отрицаются, а спустя некоторое время считаются давно известными истинами, и бывшие оппоненты приписывают себе заслуги первооткрывателей. Так случилось и с шарьяжами на Урале.

Когда Камалетдинов в 1974 г. возглавил Институт геологии, там не было ни одного сотрудника, допускавшего существование шарьяжей на Урале. За потоком писем воинствующих противников шарьяжей и нефти на Урале следовали комиссии, отнимавшие силы, здоровье и время. Считается, что под обстрелом критики, в обстановке недоверия и нападков только 3% ученых способны оставаться уверенными в себе и отстаивать свои убеждения.

В последние годы (2006—2013) Камалетдинов продолжал развивать теорию шарьяжей. Под его руководством с использованием новых данных бурения и сейсморазведки изучены зоны сочленения Предуральского прогиба и складчатого Урала, выделены перспективные области на поиски залежей углеводородов и установлена закономерность размещения коллекторов нефти и газа на восточной окраине Русской плиты и в Предуральском прогибе.

Впервые были выделены положительные структурные формы, приуроченные к тектоническим полукрам, на которых рекомендованы дальнейшие сейсморазведочные и поисковые работы на нефть и газ. Оценены перспективы нефтегазоносности Челябинского грабена восточного склона Урала, где были выявлены крупные антиклинальные складки и предложены конкретные участки для постановки бурения скважин глубиной от 3 до 5—7 км. Установлено расположение области питания рифейских отложений Башкирского мегаантиклинория в свете шарьяжно-надвигового строения Урала.

Мурат Абдулхакович всю свою жизнь работал практически без отдыха. Когда отпуск накопился за 20 лет, он был вынужден его оформить. Но и свободное время для него всегда было возможностью работать над оче-



В экспедиции на Южном Урале. 2011 г.



редной статьей или монографией. Он говорил: *Высшее наслаждение для человека — думать, а главная роль ученого — новое слово в науке.*

Но беречь и опекать талантливых ученых еще не стало у нас традицией. В Институте геологии УНЦ РАН, где Мурат Абдулхакович проработал 44 года (из них 17 — директором), сначала его сняли с должности заведующего лабораторией тектоники, вывели из состава ученого совета, а в 2008 г. ему сократили зарплату до 0.4 ставки, что было незаконно, а главное — унижительно для ученого, работающего в полную силу. Последнее время Мурат Абдулхакович по состоянию здоровья был вынужден работать дома. В марте 2013 г. его уволили из института «за прогул».

Много испытаний выпало Мурату Абдулхаковичу на его веку, но это было самым горьким. И хотя внешне он, как всегда, держался спокойно, *наполнилась болью каждая клеточка* (из письма к Ю.М.Пуцаровскому). Пришлось обращаться в суд.

Произошедшее вызвало волну возмущения среди ученых, общественности, в средствах массовой информации. Академик Б.С.Соколов направил президенту Республики Башкортостан Р.З.Хамитову письмо: *Меня заставляет обратиться к Вам вопиющая несправедливость, проявленная в Институте геологии УНЦ РАН к старейшему ученому-геологу, профессору и действительному члену Республиканской академии наук Мурату Абдулхаковичу Камалетдинову. Он был уволен 1 марта 2013 г. по статье за прогул?! — так было оценено его отсутствие на рабочем месте.*

*М.А.Камалетдинов выдающийся исследователь, блестящий практик, глубоко разбирающийся в общих проблемах геологии. Его исследования высоко ценили такие крупные академики, как Д.В.Наливкин, А.Л.Янишин, А.В.Пейве, ныне здравствующий Ю.М.Пуцаровский и другие члены ОНЗ АН СССР. Он до сих пор активно работает и публикует свои работы. Но по состоянию здоровья ему удобнее работать в условиях домашнего режима, общаясь с коллегами и последователями. В академической системе это всегда было принято и допускается сейчас. Это только способствует творческому долголетию ученого. Я сам, оставаясь советником Президиума Российской академии наук, шестой год работаю дома. Такое отношение к известному в стране ученому роняет авторитет власти.*

В июне 2013 г. Камалетдинова по определению суда восстановили на работе. Но сердце не выдержало многомесячного стресса — 1 июля 2013 г. Мурат Абдулхакович ушел из жизни с карандашом в руке над неоконченной статьей...

Одним из эпиграфов в книге «Ученые и время» стали слова Ф.Жолио-Кюри: *Науку надо защищать.* В своих публикациях Камалетдинов часто поднимал проблемы нравственности, разделяя крылатые слова Монтеня: *Тому, кто не постиг науки добра, всякая иная наука приносит лишь вред.* Он и сам был очень добрым, считая это самым важным человеческим качеством. Влюбленный в Урал, называл его геологической Меккой и всю свою жизнь посвятил служению научной истине. ■

## Литература

1. Камалетдинов М.А. К вопросу о покровной тектонике Урала в свете новых данных // Геотектоника. 1965. №1.
2. Репрессированные геологи: Биографические материалы / Гл. ред. В.П. Орлов. М.; СПб., 1995.
3. Камалетдинов М.А. Ученые и время. Уфа, 2007.
4. Шатский Н.С. Очерки тектоники Волго-Уральской нефтеносной области и смежной части западного склона Южного Урала // Бюлл. МОИП. 1945. Т.2. Вып.2 (6).
5. Камалетдинов М.А. Некоторые размышления об академической науке // Уральский геологический журнал. 2011. №3 (81). С.3—17.
6. Камалетдинов М.А. Нелогично, значит ненаучно // Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсах АНРБ. 2011. №16. С.121—129.
7. Камалетдинов М.А. О клиппенах на Среднем Урале // Доклады АН СССР. 1962. Т.146. №5. С.1160—1163.
8. Камалетдинов М.А. Покровные структуры Урала. М., 1974.
9. Камалетдинов М.А., Казанцева Т.Т. Аллохтонные офиолиты Урала. М., 1983.
10. Казанцева Т.Т., Камалетдинов М.А. Об аллохтонном залегании гипербазитовых массивов западного склона Южного Урала // Доклады АН СССР. 1969. Т.189. №5. С.1077—1080.
11. Сизых В.И. Шарьяжно-надвиговая тектоника // Природа. 2006. №12. С.20—26.
12. Бобохов А.С., Бобохова Р.Б. Термодегазация пород и минералов как палеотермометр // Недра Башкортостана. Уфа, 1997. С.25—26.
13. Казанцев Ю.В., Казанцева Т.Т., Загребина А.И., Газизова С.А. Структурная геология северо-востока Башкортостана. Уфа, 1999.
14. Исмагилов Р.А., Фархутдинов И.М., Фархутдинов А.М. Подгорные зоны передовых прогибов — перспективные объекты для поисков нефти и газа // Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсах АНРБ. 2014. №20. С.36—45.
15. Яхимович В.Л. Новая шарьяжно-надвиговая теория // Шарьирование и геологические процессы. Уфа, 1992. С.5—10.

# Александр Оглоблин, русский акридолог в Аргентине

Времена и люди

А.Мартинес (A.Martinez),

доктор философии (Ph.D.)

Национальный университет Ла-Плата (Universidad Nacional de La Plata)

Аргентина

А.А.Федотова,

кандидат биологических наук

Санкт-Петербургский филиал Института истории естествознания и техники

им.С.И.Вавилова РАН

Имя Александра (Алекса́ндро) Алексе́евича Оглоблина (1891—1967) — русского энтомолога, работавшего в Аргентине, — знакомо лишь узкому кругу специалистов. Сведения о его жизни отрывочны и были опубликованы в виде кратких некрологов [1, 2].

А.А.Оглоблин родился в Самарканде 29 июля 1891 г., окончил гимназию в Полтаве и Университет св. Владимира в Киеве. Будучи студентом, он в летнее время работал в энтомологическом отделе Полтавской сельскохозяйственной опытной станции. Гражданская война заставила его уехать сначала в Турцию, а затем в Чехословакию, где в 1924 г. в Праге в Карловом университете он получил степень доктора философии по зоологии.

В 1920-х годах в Праге оказалось немало российских натуралистов. Из зоологов особенно заметен был М.М.Новиков (1876—1965), который по мере возможности помогал младшим коллегам внедриться в международное научное сообщество [3]. В 1923—1925 гг. его семинар при Зоологическом институте Карлова университета объединял около 20 российских специалистов. В дальнейшем они могли использовать лаборатории этого института для продолжения своих исследований, но большинство членов этой группы столкнулись с финансовыми трудностями и вынуждены были покинуть Чехословакию.

До 1927 г. Оглоблин был ассистентом энтомологического отдела в Национальном музее Праги у Я.Обенбергера (J.Obenberger, 1892—1964), а в летние сезоны 1925—1927 гг. сотрудничал с Бюро энтомологии Министерства сельского хозяйства США — занимался паразитами непарного шелкопряда и кукурузного мотылька [4].

В Санкт-Петербургском филиале Архива РАН (СПФ АРАН) нам удалось обнаружить несколько писем Оглоблина 1920—1930-х годов к М.Н.Рим-

скому-Корсакову<sup>1</sup>, А.П.Семенову-Тян-Шанскому<sup>2</sup>, А.К.Мордвилко<sup>3</sup>, а также к В.И.Вернадскому<sup>4</sup>, с которым он был знаком по Киеву. Однако в письмах обсуждаются в основном частные детали текущих исследований, и они мало добавляют к уже известному о жизни Оглоблина из упомянутых некрологов [1, 2]. Документы позволяют предположить, что заработки Оглоблина в Праге чаще всего были случайными, а энтомологией он занимался урывками. К примеру, летом 1927 г. он, оправившись от болезни глаз, начал обработку отряда верокрылых (Strepsiptera) — своих сборов из Полтавы, коллекций Народного музея в Праге и Зоологического музея в Ленинграде. Из писем видно, что большую часть 1927 г. шли переговоры о переезде в Аргентину, а только 19 января 1928 г. из Гамбурга вышел пароход Mante Sarmient, на котором семья Оглоблиных оставила Европу.

Получив предложение Министерства сельского хозяйства Аргентины, Оглоблин уехал в Новый Свет, чтобы занять место энтомолога на агрономической сельскохозяйственной станции в Лорэто. Он был не единственным русским натуралистом, переехавшим в Аргентину по приглашению Министерства. Среди других были, к примеру, Л.В.Черновитов (1902—1945) [5, с.321—322] и К.И.Гаврилов (1908—1982) [5, с.98—99; 6].

Задачей, которую поставило перед Оглоблиным Министерство сельского хозяйства Аргентины на опытной станции, было изучение вредителей основных культур этого региона: мате, цитрусовых, табака, риса. Станция располагалась в тропических лесах северо-восточной части страны рядом с заброшенной иезуитской миссией Нуэстра Сеньора-де-Лорэто. В первые годы коллегой Оглоблина был лесной инженер Г.Грюнер (G.Grü-

<sup>1</sup> СПФ АРАН. Ф. 902. Оп. 2. Д. 362.

<sup>2</sup> СПФ АРАН. Ф. 722. Оп. 2. Д. 767.

<sup>3</sup> СПФ АРАН. Ф. 348. Оп. 1. Д. 195.

<sup>4</sup> Архив РАН. Ф. 518. Оп. 3. Д. 1188.

ner), с 1931 по 1933 гг. — упомянутый Черношвигов, который также был приглашен в Аргентину как специалист по вредителям.

С первых лет в Аргентине Оглоблин сотрудничал с К.Брухом (C.Bruch, 1869—1943), выдающимся специалистом по муравьям и термитам [7]. Профессиональные контакты Оглоблина и Бруха включали не только интенсивную переписку, обмен работами и научными связями<sup>1</sup>: Брух помогал Оглоблину с переводами на испанский, с публикацией статей и определением некоторых групп насекомых, а Оглоблин собирал муравьев для Бруха. Вероятно, Оглоблин посвящал этим и другим энтомологическим исследованиям слишком много времени, что вызвало недовольство министерства. Оглоблин писал Бруху: *Наши директор и его начальство не довольны моими «таксономическими» занятиями; они предпочитают, чтобы я занимался чем-то важным для местного сельского хозяйства и чем-то осязательным, например разработкой методов борьбы с псильидами мате или с муравьями-листорезами. Однако игнорируют мои сообщения о трудностях и спокойно предоставляют мне возможность работать без самого необходимого. Они не покупают инсектициды для тестирования, а наш насос лежит в Конкордии уже два года. Посмотрим, чем все это кончится, но я давно уже хочу покинуть это место. Я убежден, что был бы более полезным в любом музее, чем в Министерстве сельского хозяйства, так как Министерство не имеет никаких представлений об организации работ и найме необходимых специалистов<sup>2</sup>.*

В 1933 г. Брух был назначен в недавно созданную Центральную комиссию по исследованию саранчи (Comisión Central de Investigaciones sobre la Langosta, CCIL). Хотя Оглоблин был также одним из кандидатов в число экспертов этой новой организации, Министерство было против его назначения<sup>3</sup>.

Сотрудники этой комиссии должны были заниматься изучением саранчи и разработать методы, которые позволили бы предотвратить массовое размножение этого вредителя в Аргентине [8]. Поиск мер борьбы с нашествиями саранчи занимались энтомологи всего мира. Ключевой фигурой в этом процессе был Б.П.Уваров — основоположник современного учения о саранчовых, работавший в Лондоне и сумевший организовать по-настоящему интернациональную сеть специалистов по изучению саранчи и разработке методов контроля ее численности [9, 10 и др.].

В Британском музее естественной истории (Natural History Museum, London) хранится коррес-

понденция от многих десятков энтомологов (The UK Locust Information Service Archive, Correspondence of Dr. Boris P. Uvarov, далее — Uvarov's Correspondence). Письма Уварова есть и в отечественных архивах: к примеру, в Архиве РАН хранятся письма к Н.Я.Кузнецову, М.Н.Римскому-Корсакову, В.И.Вернадскому<sup>4</sup>, А.А.Любичеву, А.П.Семенову-Тян-Шанскому [11] и др.

В 1921 г. Уваров на основании полевых наблюдений на Северном Кавказе 1910-х годов и таксономической ревизии рода *Locusta* сформулировал так называемую фазовую теорию саранчи. Он выяснил, что *L.danica* и *L.migratoria* на самом деле не два вида, а две формы (фазы) одного вида — одиночная (солитарная) и стадная (грегарная) фазы *L.migratoria* [12]. Когда в очаге обитания солитарной фазы популяция насекомых достигает определенной плотности, изменяется форма тела, окраска, характер обмена веществ и поведение насекомых, и стаи грегарной фазы покидают привычные местообитания. Гипотеза о том, что при высокой плотности популяции из «безобидной» солитарной формы может быстро развиваться грегарная, объяснила неожиданные нашествия саранчи и заставила по-новому посмотреть на проблему мониторинга всплеск численности саранчовых и организацию мероприятий по борьбе с ними.

Эта теория стимулировала исследования и разработку мер против саранчи по всему миру. Уваров изучал систематику, экологию, биогеографию и периодичность нашествий саранчи в Энтомологическом бюро при Музее естественной истории в Лондоне, где в 1929 г. был образован Международный центр исследования саранчи (International Centre for Locust Research), который позже был преобразован в Научно-исследовательский центр по борьбе с саранчой (Anti-Locust Research Center) [9, 10]. Задачей Центра было решение проблемы этого вредителя на международном уровне, и Уваров объединил многочисленных специалистов из разных стран — исследователей и сотрудников служб истребления саранчи.

В Аргентине первым шагом правительства в организации борьбы на научной основе с нашествиями саранчи стало создание CCIL. Хотя отдельные усилия по разработке рациональных мер борьбы с этим вредителем предпринимались там с 1890-х годов, до 1930-х годов они не были последовательны. Такие работы получали государственное финансирование лишь изредка, во время или сразу после серьезных нашествий саранчи. Мировой экономический кризис 1930 г. существенно отразился на аргентинском сельском хозяйстве, привел к падению цен на агропромышленные продукты и к спаду производства.

<sup>1</sup> Оглоблин свел Бруха с мирмекологом В.А.Каравеевым, с которым он познакомился в 1919 г. в Киеве.

<sup>2</sup> Письмо Оглоблина Бруху от 5/11/1932 (Archivo Division Entomologica, Museo de la Plata, Argentina, далее — ADEMLP).

<sup>3</sup> Письмо Оглоблина Бруху от 23.5.1933 (ADEMLP).

<sup>4</sup> Подробнее см.: Сэр Борис П.Уваров // Природа. 2001. №3. С.61—77. — *Примеч. ред.*



Ситуация ухудшалась в следующем десятилетии [13]. Депрессия совпала с новым циклом нашествий насекомого. В 1932—1933 гг. значительная часть урожая в нескольких провинциях была потеряна из-за того, что саранча захватила огромные территории: общая площадь ее распространения составила 1.5 млн км<sup>2</sup>.

Сотрудники CCIL намеревались доказать существование «зимних убежищ» — местообитаний в северо-западной части Аргентины, где, как считалось в то время, саранча переживала зимний период и откуда стаи вылетали сразу, как только устанавливались благоприятные климатические условия<sup>1</sup>. Отсутствие точных данных заставляло искать «убежища» на огромных пространствах. Для их обнаружения были отправлены несколько экспедиций в труднодоступные местности на север Аргентины, в Боливию и Парагвай. Эти первые изыскания показали, что скудные знания о поведении и экологии саранчи не позволяют разработать эффективные меры ее истребления.

Кроме полевых экспедиций энтомологи CCIL вели работы в инсектариях. Брух ставил эксперименты для проверки теории фаз Уварова. Он проводил исследования в домашней лаборатории в Буэнос-Айресе и Кордове. Со своей стороны, Уваров интересовался организацией мер по борьбе с саранчой в Аргентине. Он переписывался не только с Брухом, но и с другими членами CCIL: с агрономом К.А.Лисер-и-Трейесом (С.А. Lizer y Trelles, 1887—1959), с энтомологами К.Дж.Хейвардом (К. J. Hayward, 1891—1972) и Х.Либерманом (J. Liebermann, 1897—1980).

В 1930-х годах отношение к уваровской теории фаз среди энтомологов Аргентины, и в частности среди персонала CCIL, было различным. Брух считал, что вопрос, имеет ли южноамериканская саранча фазы, аналогичные фазам саранчи в Старом Свете, еще не решен. После серии экспериментов он стал относиться к уваровской теории с еще большим недоверием. В CCIL в Буэнос-Айресе был устроен инсектарий, которым заведовал Либерман и где также ставились эксперименты. Либерман был осторожен в своих высказываниях, но все указывает на то, что его исследования были направлены на подтверждение теории Уварова [14]. Окончательное решение вопроса о фазах у южноамериканской саранчи задержалось до следующего десятилетия.

Впечатляющая фенотипическая изменчивость саранчи и отсутствие единодушия среди систематиков относительно того, считать ли южноамериканскую саранчу одним видом или несколь-

кими<sup>2</sup>, представляли собой серьезную проблему. В этом контексте вопрос о фазах у саранчи, обитающей в Аргентине, был решающим. Путаница в классификации рода *Schistocerca* была широко известна, а проблема напрямую касалась прикладных энтомологов, вовлеченных в работы по контролю численности вредителей и полевые исследования: отсутствие устойчивого и понятного деления на виды делало невозможным сравнение наблюдений, произведенных разными группами исследователей [12]. После почти четырех лет работы CCIL не смогла прийти к неоспоримым выводам.

Оглоблин знал о предстоящих серьезных преобразованиях в CCIL, и о том, что, несмотря на его сравнительно небольшой опыт в сфере акридологии, он имел хорошие шансы быть избранным на пост главы новой правительственной структуры по борьбе с саранчой<sup>3</sup>. Осознавая неопределенность данной перспективы, он тем не менее начал собирать информацию по этому вредителю, возобновил переписку с Уваровым, спрашивал о новых работах и пытался повторить эксперименты, поставленные Я.Фореем в Южной Африке<sup>4</sup> и Б.Золотаревским во Франции<sup>5</sup>. Весной 1935 г. провинция Мисьонес подверглась нашествию саранчи, и Оглоблин собрал насекомых для экспериментов [18].

К началу 1937 г. все было готово к реорганизации CCIL в новый Институт исследования саранчи (Instituto de Investigaciones sobre la Langosta). Оглоблин был назначен директором этого института. Так же, как и CCIL, новый Институт занимался полевыми и лабораторными работами, но имел в своем распоряжении меньше сотрудников. Они продолжали исследования в инсектарии с личинками саранчи, начатые Брухом и Либерманом. Переходу от одной фазы к другой способствует, в частности, более высокая подвижность личинок, од-

<sup>2</sup> К 1950-м годам систематики пришли к соглашению, что в Аргентине обитает только один вид саранчи — *Schistocerca cancellata*, который при определенных условиях формирует огромные прожорливые кулиги личинок и стаи имаго. В некоторых случаях этот вид захватывает огромные площади за несколько недель. Однако в 1930-х годах эта саранча, обычно называемая южноамериканской (кроме Аргентины обычна в Боливии, Парагвае, Уругвае, Чили и юге Бразилии), описывалась как два отдельных вида: *S. cancellata* и *S. paragensis*.

<sup>3</sup> Свое первое исследование, связанное с саранчой, Оглоблин опубликовал в Праге [15].

<sup>4</sup> J.C.Faure (1891—1973) служил правительственным энтомологом в Южной Африке с 1913 г. С 1920-х годов он активно переписывался с Уваровым. С 1929 г. Форей ставил эксперименты с саранчой, результатом чего стала работа 1932 г. [16].

<sup>5</sup> Б.Н.Золотаревский (B.Zolotarevsky, 1893—1964) — ученик, коллега и соавтор Уварова. С 1926 г. он занимал должность правительственного энтомолога на Мадагаскаре, а затем возглавил акридологические исследования и службы во французских колониях [17].

<sup>1</sup> Концепция зимних убежищ восходит к концу XIX в., когда американский энтомолог Л.Брунер (L.Bruner), изучая нашествия саранчи в Аргентине, использовал теорию, предложенную Энтомологической комиссией США при обсуждении проблемы саранчи Скалистых гор (*Melanoplus spretus*).

нако спровоцировать активность насекомых исследователю сложнее, чем ограничить их движения. Поэтому вслед за индийскими энтомологами М.А.Хусейном (M.A.Hussain) и Ч.Б.Матуром (Ch.B.Mathur) Оглоблин и его сотрудник Р.Салавин (R.Salavin) сконструировали прибор, который стимулировал активность личинок.

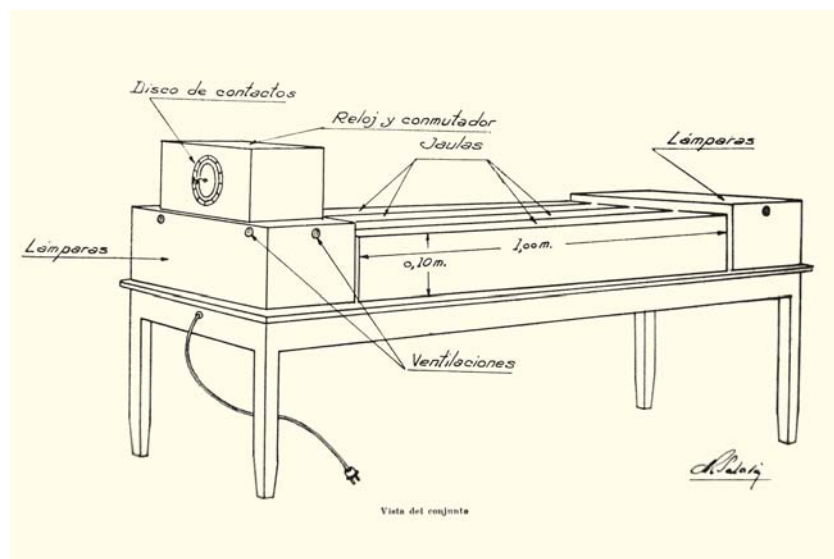
Представленные письма датируются 1937–1938 гг., когда Оглоблин лишь планировал оставить Лорэто и только что переехал в Буэнос-Айрес, вступив в новую должность. С самого начала работы он сталкивался со сложностями, аналогичными тем, с которыми приходилось иметь дело его предшественникам: нехваткой или недостаточной квалификацией персонала, нехваткой финансирования. В числе прочего мы видим, что инсектициды становились все более важной темой работ для прикладных энтомологов того времени, и очевидно, что Оглоблин разделял опасения многих своих коллег относительно опасности их применения<sup>1</sup>.

Пока нам удалось обнаружить лишь одно письмо Уварова к Оглоблину, датированное декабрем 1939 г., в котором он обеспокоен тем, что переписка прекратилась после января 1938 г.<sup>2</sup> Нам неясны причины этого, ведь Оглоблин продолжил свои исследования саранчи. К примеру, результаты экспериментов, полученные с помощью прибора, сконструированного совместно с Салавином, Оглоблин представил в 1941 г. на Агрономическом конгрессе (Primer Congreso Agro-



А.А.Оглоблин, вторая половина 1950-х годов.

Фото из частного архива Д.А.Акино (D.A.Aquino)



Прибор, сконструированный А.Оглоблиным и Р.Салавином, представлял собой стол, на концах которого были установлены ящики с лампами. Среднюю часть стола занимали четыре прямоугольные клетки для насекомых (1 м в длину и 10 см в высоту). Часовая система контролировала лампы [18].

<sup>1</sup> О первоначальном нежелании энтомологов и фермеров применять инсектициды (в числе которых были преимущественно соли мышьяка и цианиды), как опасные для человека и других позвоночных, и о том, как ситуация изменилась во время Первой мировой войны на примере Соединенных Штатов, см.: [19, 20].

<sup>2</sup> Письмо Б.П.Уварова к А.А.Оглоблину от 21.12.1939. Uvarov's Correspondence. Box 16. File 65 21.48.2 P1.

путисо) в Буэнос-Айресе<sup>1</sup>. В докладе 1941 г. Оглоблин продемонстрировал полиморфизм южноамериканской саранчи, но назвал проблему окончательно еще не решенной, равно как оставил открытым вопрос о соотношении видов *S.cancellata* (южноамериканская саранча) и *S.americana* (центрально- и североамериканская) [18].

Кроме службы в качестве государственного энтомолога Оглоблин с 1939 по 1950 г. был профессором зоологии в Университете Буэнос-Айреса. В 1943—1944 гг. он посетил США по стипендии Колледжа штата Айова и кроме прочего изучал коллекции Мутариде<sup>2</sup> в Национальном музее США в Вашингтоне. Оглоблин был членом Русского энтомологического общества<sup>3</sup>, Американского

энтомологического общества (с 1944 г.), президентом Аргентинской ассоциации по развитию науки (в 1950 г.). Он считался одним из ведущих специалистов не только по саранче, но и по Мутариде и другим группам мелких перепончатокрылых [21]. По результатам своих поездок по Аргентине, Боливии, Перу, Уругваю, Парагваю и Чили он описал 53 новых рода. Александр Оглоблин умер в Буэнос-Айресе 18 сентября 1967 г.

Наряду с другими российскими энтомологами, которые оставили родину после событий 1917 г., такими как Борис Уваров или Борис Золотаревский, Александр Оглоблин сыграл свою роль в изучении и организации мер по борьбе с саранчой, хотя и в более локальном масштабе. В этом смысле фрагмент представленной здесь переписки дает новую информацию о построении международной акридологической сети, о признании теории Уварова, о тех сложностях, с которыми сталкивались акридологи в своей ежедневной практике, а также о профессиональной карьере натуралиста-эмигранта. ■

<sup>1</sup> Возможно, более поздние письма Оглоблина не сохранились или даже не дошли до Уварова (см. письмо от 01.01.1938).

<sup>2</sup> Семейство микроскопических наездников-яйцедов (размер взрослых особей большинства видов не превышает 1 мм).

<sup>3</sup> Избран в конце 1927-го или начале 1928 г. (СПФ АРАН. Ф. 722. Оп. 2. № 767. Л. 15).

## Письма А.А.Оглоблина к Б.П.Уварову

27.02.1937<sup>1</sup>

Дорогой Борис Петрович!

Большое спасибо за Ваше письмо с лестным и даже заманчивым предложением работы в Ираке. Заманчивым потому, что энтомологическая работа в Аргентине проходит в условиях, с большой точностью предсказанных Вами при моем переезде сюда.

Боюсь, однако, что я не подойду для того, чтобы возглавлять отдел энтомологии в Ираке. Одним из главных препятствий является, конечно, язык. Мой английский значительно заржавел. После десятилетнего перерыва я почти не могу разговаривать с англичанами, хотя читаю совершенно свободно и даже немного пишу. Об арабском не имею представления.

Если бы дело касалось лишь лабораторной и полевой работы, я бы не сомневался, т.к. думаю, быстро вошел бы в курс, но очутиться в Министерстве на роли организаторской,

не владея прилично языком, мне кажется слишком «авантюрным». Если я приехал в Аргентину с весьма скромными познаниями в испанском языке, но ведь тут дело было главным образом в моей работе, и у меня было много времени для того, чтобы овладеть языком, раньше чем выступать публично.

Вот почему я, хотя и шлю Вам свой краткий *Curriculum vitae*, думаю, что Вы не будете считаться серьезно с моей кандидатурой.

Материально же меня вполне устраивали бы условия, т.к. оплата несравнимо выше здешней, что же касается жизненных условий, то не думаю, что в Багдаде было бы меньше комфорта, чем в Лорэто. Во всяком случае большое Вам спасибо за это предложение.

Наша переписка с Вами действительно стала очень редкой, думаю, что по моей вине.

Между тем у меня есть к Вам вопросы и по саранчовому делу. Здесь год из году усиливается шум



из-за удивительного положения, в котором находится саранчовый вопрос. Вы, при Вашей осведомленности, наверное, знаете, что саранчовая организация здесь на 99% служит орудием для политической борьбы. Недавно вотированная парламентом круглая сумма в 10 000 000 песо<sup>2</sup> на борьбу с саранчой лишь в незначительной части пойдет на это дело, но она уже помогла правительственной партии в выборной кампании.

Несмотря на это, исследовательская часть все же получает какие-то деньги, и думают об организации «Instituto Acridiológico», проект которого занимает умы уже в течение двух или трех лет. «Comisión Central»<sup>3</sup> уже упразднена, и сейчас идет скрытый период организации, как всегда очень таинственный. Мне пишут друзья, что меня хотят привлечь к саранчовому делу, именно к исследовательской работе, хотя у меня и нет в этом отношении стажа.

Как бы то ни было, саранчовый вопрос меня интересует, и я собираю сведения, поскольку это возможно здесь. Я знаю, что мои коллеги очень интересуются вопросом существования фаз у *S. parapsis* (Virt.), хотя до сих пор все споры носили характер чисто схоластический. Исключение в этом отношении представляет мой приятель доктор С. Вриш.

Все эти дебаты и споры заинтриговали меня, и с последней весны я завел у себя садки с *Schistocerca parapsis*, воспользовавшись тем, что в 10 верстах от Лорэто появились небольшие стаи саранчи, редкой в Мisiones.

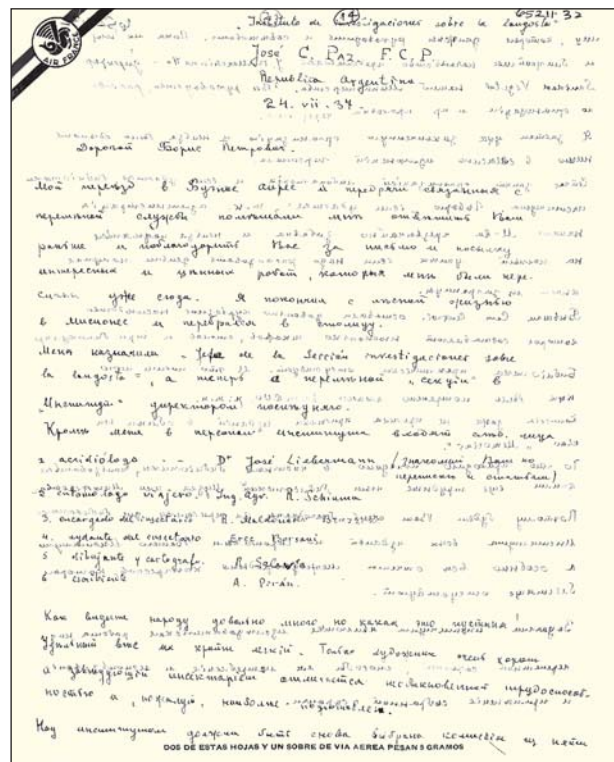
Занятый моей работой, я отделил лишь 5 личинок 1-й и 2-й стадий, изолируя их в литровых банках с сырым и сухим песком, чтобы повторить в миниатюре опыты Фауре и Б.Золотаревского<sup>4</sup>.

К моему удивлению, уже после двух линек личинки превратились в неузнаваемых «саранчуков», ярко-зеленых на сыром песке и песчано-желтых на сухом. Весь черный рисунок хитинового (как мы привыкли говорить) покрова исчез, за исключением пятен на щеках. В это время я получил работу Dr. Вриш'a с его наблюдениями над «зелеными личинками» в [провинции] Cordoba и убедился, что его описания в точности соответствуют моим наблюдениям над личинками, полученными в условиях опыта. Он не упоминает лишь о продольных полосках на глазах саранчи. Мне кажется, что это первый признак перемены в окраске.

Выведишиеся в январе взрослые насекомые не отличались так разительно в окраске.

Живущие в стае, однако, обладали заметной красно-бурой окраской некоторых частей переднегруди, головы и надкрылий.

Прошло около двух месяцев, и вчера я впервые увидел спаривания и слышал «пение» самцов. Около 10 дней тому назад красная окраска (у живущих стаяей) превратилась отчасти в светло-зеленовато-желтую. Одиночно живущие экземпляры не меняли заметно окраски.



Факсимиле первой страницы письма Оглоблина к Уварову от 24.07.1937. Uvarov's Correspondence. Box 16. File 65 211.32. P.14.

Уже поверхностное наблюдение показывает, что у саранчи по крайней мере четыре или пять различных элементов, обуславливающих окраску, которые, естественно, ведут себя различно, но все чувствительны к изменениям среды.

Может быть, Вы знаете работы, точно анализирующие элементы окраски саранчовых?

Есть ли работы, занимающиеся гистологией «полосатых» глаз саранчи?

Верхний уголок глаз саранчи отделен от остальной поверхности и состоит из *ommatidia*<sup>5</sup>, гораздо более мелких. Есть ли данные о функции этой части глаз?

Думаю, что Вы извините мне мою непосредственность, с которой я задаю свои вопросы и которая так чужда обитателям здешней части Земли. Если я попаду в Instituto Acridiológico, то буду беспокоить Вас значительно чаще.

Искренне Ваш, А.Оглоблин

<sup>1</sup> Uvarov's Correspondence. Box 16. File 65 211.32. P.18–23.

<sup>2</sup> Около 2,5 млн долл. США.

<sup>3</sup> Имеется ввиду CCLL.

<sup>4</sup> См. например: [16, 17]. Сходные опыты ставили и в России, например В.П.Поспелов.

<sup>5</sup> Омматидий — элемент фасеточного глаза членистоногих. Линзы отдельных омматидиев образуют на поверхности сложного глаза характерный узор из приблизительно шестиугольных фасеток.

24.07.1937<sup>1</sup>

Instituto de Investigaciones Sobre la Langosta  
José C. Paz F.C.P.<sup>2</sup>  
Republica Argentina

Дорогой Борис Петрович!

Мой переезд в Буэнос-Айрес и передраги, связанные с переменной службы, помешали мне ответить Вам раньше и поблагодарить Вас за письмо и посылку интересных и ценных работ, которые были пересланы уже сюда. Я покончил с лесной жизнью в Мисионес и перебрался в столицу.

Меня назначили Jefe de la Seccion investigaciones sobre la langosta<sup>3</sup>, а теперь с переменной «секции» — в «Институт» директором последнего.

Кроме меня в персонал Института входят след[ующие] лица:

1. acridiologo Dr. Jose Liebermann (знакомый Вам по переписке и статьям),
2. entomologo viajero Ing[ineer] Agr[onomer] R[afael] Schiama<sup>4</sup>,
3. Encargado del insectario R[dolfo] Maldonado Bruzzone<sup>5</sup>,
4. ayudante del insectario Eric Borsani<sup>6</sup>,
5. dibujante y cartografo R[aymundo G.] Salavin<sup>7</sup>,
6. escribicate A. Piran<sup>8</sup>.

Как видите, народу довольно много, но какая это пустыня! Удельный вес их крайне легкий. Только художник очень хорош, и заведующий инсектарием отличается необыкновенной трудоспособностью и, пожалуй, наиболее подготовлен.

Над институтом должна быть снова избрана комиссия из пяти лиц, которые должны руководить и советовать. Пока их нет, и ближайшее начальство представляет J.B. Marchionatto — директор Sanidad Vegetal<sup>9</sup> нашего Министерства. Все руководство, расходы по организации и пр[очее] через него.

Я застал уже законченную организацию, и нельзя было сделать ничего в смысле изменения персонала.

Сейчас занят организацией лаборатории и, если удастся, библиотеки института. Говорю «если удастся», т.к. администрация нашего М[инистерст]ва чрезвычайно забавна и нельзя надеяться на полный успех, если надо расходовать деньги, покупая книги из-за границы.

Бывшая Com[ission] Centrale оставила довольно курьезное наследство, которое составляет несколько шкафов, столов и три бинокюляра. Библиотека практически отсутствует. И это после того, как было потрачено около 200 000 песо.

Комиссия даже не просила присылки изданий в обмен на свои «Memorias».

То, что приходило, попадало в частные библиотеки, пользоваться коими еще труднее, чем библиотекой Музея или Министерства. Поэтому будем Вам очень благодарны за присылку для библиотеки Института всех изданий, а особенно отчеты международных конгрессов, которые блестяще отсутствуют.

Задачами института являются исследован- тельская работа над перелетной саранчой, спо- собы ее истребления и использования и примене- ния собранной саранчи.

Модным вопросом является «второе поколе- ние», «открытое» независимо друг от друга раз- ными лицами в этом году.

Я в Misiones с удивлением увидел, что мои Schistocerca, вместо того чтобы следовать рас- писанию, данному D'F.Labille<sup>10</sup> и др., менее чем в два месяца достигли половой зрелости и отло- жили яйца вместо того, чтобы ждать 270 дней!

Оказывается, тоже самое наблюдали в инсек- тарии в J[osé] C. Paz. Но подробнее всего этим за- нимался Dr. Vich, и его работа обещает быть ин- тересной. Он находит, что типичные S. parape- nsis Burn. имеют лишь одно поколение. Ее личинки не меняют окраски и, как и взрослые, живут нор- мально в стаях.

Напротив, S. cancellata Serv. может дать не- сколько поколений, и личинки ее часто меняют «нормальную окраску», теряя черный рисунок и приобретая желтый или травно-зеленый цвет. Он считает, что это отдельный вид (известный также из Чили), который не образует стай и не скрещивается с S. parapensis (хотя самцы и сам- ки копулируют в его опытах).

Словом, здесь общая тенденция избежать объ- яснения фактов согласно Вашей теории, и ищут всевозможных путей, чтобы избежать упомина- ния «фаз».

Этим можно объяснить и то, что в Институ- те осталось вакантной должность энтомолога- «генетика» — должность, которую не могли за- полнить за отсутствием компетентного лица. Вначале ее предложили некоему Offermann'у, ко- торый работает в Москве у J. Miller'a (он ар- гентинский еврей), но Офферман отверг пред- ложение Министерства и остался в Москве<sup>11</sup>.

Вот наши главные новости.

Сейчас саранчовый вопрос осложнился при- ближением президентских выборов. Министер- ство запросило первый кредит в 10 000 000 песо на борьбу с саранчой, но в парламенте левое кры- ло подняло голос, возражая, что за 15 лет М[ини- стерст]во уже могло закупить столько желез- ных барьеров и столько огнеметов, что их, на- верно, больше, чем нужно.

Сейчас помощник директора «Defensa Agrico- la»<sup>12</sup> летит на аэроплане в США[A] что бы посмотре- ть, как организуют там борьбу с саранчовыми и пересадить на аргентинскую почву энергию и метод США[A].

Искренне Вас уважающий, А.Оглоблин

Буду очень признателен, если укажете, как связаться с русскими энтомологами, исследую- щими и борющимися с саранчовыми.

А.О.

<sup>1</sup> Uvarov's Correspondence. Box 16. File 65 211.32. P.14–17.

<sup>2</sup> José C. Paz — местность в 60 км от Буэнос-Айреса (сейчас территория Большого Буэнос-Айреса), где были расположены инсектарий и лаборатория CCIL и Института. В наши дни — часть National Institute of Agricultural Technology.

<sup>3</sup> Глава отдела исследований саранчи.

<sup>4</sup> «Путешествующий энтомолог».

<sup>5</sup> Заведующий инсектарием, ранее работал в CCIL как полевой энтомолог.

<sup>6</sup> Помощник по инсектариию.

<sup>7</sup> Художник и картограф. К моменту создания Института он работал в Министерстве сельского хозяйства уже несколько лет. Публикации CCIL издавались с его рисунками.

<sup>8</sup> Секретарь или помощник по административным вопросам.

<sup>9</sup> Буквально «Здоровье растений». Имеется ввиду Отдел защиты растений.

<sup>10</sup> FLahille (1861—1940) — французский натуралист, защитил диссертацию по таксономии оболочников. Был приглашен в Аргентину в 1893 г. для заведования зоологическим отделом Музея Ла-Плата и для океанографических исследований. В 1900 г. был назначен главой отдела рыболовства и охоты Министерства сельского хозяйства, в результате чего в сферу его исследовательских интересов стали входить самые разные аспекты прикладной зоологии.

<sup>11</sup> К.Офферманн (C. Offermann, 1904—1983) получил образование в Аргентине, а в 1930 г. был приглашен в лабораторию генетики Г.Дж.Мёллера (лауреата Нобелевской премии 1946 г.) в Университете штата Техас. Там он познакомился с коллегами из России С.Г.Левитом (1894—1938) и И.И.Аголом (1891—1937). В 1932 г. Офферманн и Мёллер начали работать в Институте исследования мозга Общества кайзера Вильгельма, однако нацистский режим заставил их в 1933 г. уехать из Германии. Приглашение Н.И.Вавилова привело Мёллера и Офферманна в СССР, где они работали до 1937 г. После возвращения в США Офферманн завершил свою диссертацию в Университете Чикаго.

<sup>12</sup> Defensa Agrícola, Сельскохозяйственная защита — служба Министерства сельского хозяйства, занимавшаяся в числе прочего борьбой с саранчой.

01.01.1938<sup>1</sup>

José C. Paz

*Дорогой Борис Петрович!*

*Ваше письмо от 02.12.1937 делает очевидной пропажу моего ответа. Поэтому прежде всего позвольте искренне поблагодарить Вас за огромную помощь, оказанную Вами присылкой стольких книг.*

*Я еще не кончил некоторых из них, и ко многим придется вернуться, т.к. они вводят в круг идей сложного и уже очень обширного саранчового вопроса.*

*Кроме Вас мне прислали книги из Алжира, Египта и Индии и дополнительно посылают из Лондона.*

*Делая попытки завести обмен: мне удалось уделить инж[енера] С.А.Лизер у Trelles вложить в каждый экземпляр «Memoria de la Comisión Central de investigaciones sobre la langosta», 1935, карточку Института с просьбой об обмене изданиями. Думаю, что следующие издания и их рассылка будут еще больше зависеть от нас.*

*Я решил не повторять Вам жалоб, посланных в пропавшем письме, чтобы не делать и это похожим на «Иеремью».*

*Практически со времени основания сделано немного, но все же начата организация инсектария и лаборатории и даже проделаны начальные полевые работы. Думаю, что к следующей кампании мы будем гораздо более подготовлены. Организация лаборатории и библиотеки почти провалена, так как средства, ассигнованные Институту, пошли на покупку порошков «КЗ» и «3436» немецких фабрик. Оба эти порошка желтого цвета сильно напоминают пикриновую кислоту, и наши химики бессильны разгадать их состав. «Какой-то нитрат...» и, так как анализ органических соединений дело нелегкое, — это единственные данные о природе порошка. Оба они, с точки зрения Мин[истерст]ва, представляют огромную выгоду, т.к. неядовиты для высших животных и быстро убивают саранчовых, действуя как контактный яд. Цена их, однако, очень высока — 0.80 \$ кило.*

*Расход порошка на га по опытам нашего сотрудника R. Schiuta, не меньше 10 кило, при условии, что опыление производится моторным опылителем, перевозимым грузовиком. Порошок значительно облипает листву сочных растений, к[ак], напр[имер], люцерна, но злаковым вредит мало. Посланный мной образчик был исследован в лаборатории животноводства, и там нашли, что этот порошок ядовит для морских свинок. Кролики и овцы предпочли голодать и не ели траву, посыпанную порошком, что, вероятно, и спасло их. А ученый экспериментатор не решился «настаивать».*

*Кроме этих порошков, которыми заинтересовались и моряки (один капитан по своей инициативе пробует приспособить аэропланы для опыления саранчи, ему не хватает многих данных, но он предпочитает действовать самостоятельно), мы пробовали еще два аппарата, изобретенных одним чиновником нашего Министерства, и отравленные приманки.*

*На последних настаиваю я, и меня поддерживает инж[енер] Goitia — помощник директора Defensa Agrícola. До сих пор кажется, что отруби с мялясой<sup>2</sup> или без нее почти одинаково привлекательны.*

*Мы пробовали отравленные приманки против «tucira» Trigoporphutus arrogans [Stal., 1861]<sup>3</sup> с видимым успехом, применяя механический распределитель приманок, заимствованный у [северо]-американских энтомологов.*

*Огромное затруднение состоит в том, что во время распределения приманок воздух настолько сух и патагонский ветер дует с такой силой, что отруби сохнут в течение нескольких минут. Даже на заре в это время нет ни капли росы. Но, с другой стороны, привлекательность приманки, вероятно, возрастает при таких условиях, т.к.*



кобылки тотчас принимаются пожирать влажные отруби. Успех первого опыта в поле превзошел наши ожидания. Максимум смертности — на четвертый-пятый день.

Директор *Defensa Agricola* высказал мнение о том, что приманки должны действовать значительно более быстро, и предложил увеличить вторую дозу мышьяка! Все они только и заняты тем, чтобы произвести благоприятное впечатление на земледельцев и еще более на землевладельцев.

Из других первый не представляет собой ничего особенного. Это два обычных огнемета, пристроенных спереди грузовика. С боков, сверху и сзади приделаны куски листового железа, служащие для предохранения частей грузовика и вместе с тем не позволяющие рассеиваться теплу. По сравнению с ручной работой огнеметы это прогресс, т.к. на ровном месте можно быстро уничтожить большие массы личинок. Недостатки в том, что все взрослые кобылки успевают улететь, а кроме того, легко поджечь сухие травы и хлеба<sup>4</sup>.

Другая машина более любопытна. Она состоит из трансформатора, который может производить ток высокого напряжения от батареи автомобиля и снабжать им проволочную раму почти в шесть квадратных метров. Получаемый при этом ток около 12000 вольт, но низкого ампеража совершенно безопасен для людей. Вся саранча и другие насекомые, прикоснувшись к проволоке, натянутой на деревянную раму, мгновенно гибнут.

Выгода этого аппарата еще та, что, если ди-намо автомобиля настроено соответственным образом, движение автомобиля возвращает заряд батареи. Конечно, батарея все же разряжается, но ее зарядка сравнительно очень дешева.

Т.к. вся Аргентина полна автомобилями и грузовиков, возможно, что эти «электрические стулья» для саранчи будут иметь частичный успех.

Во всяком случае сама идея применения токов высокого напряжения при низком ампераже против вредных насекомых нова, и, м[ожет] б[ыть], ее разработка сулит много применения. Предварительные опыты против червецов<sup>5</sup> дали благоприятные результаты. С саранчой же наблюдается курьезное явление. Первыми реагируют мышцы, вызывающие ампутацию задних ног. Это, несомненно, короткая рефлексная дуга, не зависящая от центральной нервной системы. У *Schistocerca* я проделал операцию удаления метатаракального ганглия. Операция очень легкая при некотором навыке и вызывающая полный паралич третьей пары ног. Однако при первом разряде 12000 вольт происходит немедленная автоампутация задних конечностей. При необходимых предосторожностях насекомое еще продолжает жить. Маленькая же «*tucura*» погибает мгновенно.

При опытах в поле только взлетающие кверху кобылки *Trigonorbutus* касались проволоки, т.к. решетка была поднята на 50 см, и все личинки остались невредимы. Но, изменив форму аппарата, может быть, удастся истреблять и личинок. М[инистерст]во очень заинтересовалось новизной этой идеи, о которой, по-видимому, нет ничего опубликованного.

Удалось связаться с канадцами и даже получить от них первую партию паразитов кобылок<sup>6</sup>. Пришли личинки *Systoechus vulgaris*<sup>7</sup> и двух видов *Sacrophagidae*<sup>8</sup>. Достигли Б[уэнос]-Айреса в прекрасном состоянии и сейчас начинают выводиться первые мухи *Sacrophagidae* (виды пока не определены). Жаль только, что наш персонал — очень серая и в большинстве ленивая публика, а одного на все не хватает.

Думаю попробовать их против «*tucura*», выпуска *Systoechus* на волю.

Несколько дней тому назад выяснилось, что в провинции *Cordoba*<sup>9</sup> существует другой вид «*tucura*», наносящий серьезный вред. Пока большинство в стадии личинок, и, судя по первым появившимся самцам, *J. Liebertann* думает, что это *Scyllina*, м[ожет] б[ыть], *picta* Brun<sup>10</sup>. Вы почти угадали содержимое *J. Liebertann*'а, но до полноты картины не хватает еще много.

В этот год саранча прилетела в самый Б[уэнос]-Айрес и отложила яйца во дворе инсектария и на окрестных полях.

В связи с ее налетом мы пробовали, пока без большого успеха, еще одно изобретение.

Здесьняя компания светильного газа нашла, что остатки рафинации, содержащие фенол, м[огут] б[ыть] использованы для двойной цели.

Во-первых, могут предохранять растения от утренних заморозков и, во-вторых, от саранчи. В обоих случаях эти жидкие остатки, называемые «*Piroxil*», вводят под давлением в распыленном виде в отводную трубу автомобильного мотора в том месте, где  $t$  газов, выходящих из мотора, достаточно высока, чтобы сжигать «*пирохил*». Т.к. старание неполно, то сзади автомобиля выходит густое облако белого тяжелого дыма с легким запахом мазута, и в безветренную погоду им можно покрыть поле или фруктовый сад, спасая таким образом от перелетной стаи саранчи.

Два опыта, проведенных у нас, были малоудачны, но мне кажется, что идея неплоха, и легкость ее применения сулит ей тоже некоторое будущее. Есть данные, что в *Corrientes*<sup>11</sup> все старые автомобили-такси продырявили отводные трубки своих моторов и в дни налетов ездят на поденную работу — спасать дымом (можно применить и масла) апельсиновые рожи.

С удовольствием поговорю с *Lizer*'ом<sup>12</sup> о Вашей просьбе. Мне кажется, что все просимые Вами данные легче получить через *Defensa Agricola*.

Хочется посоветоваться с Вами по поводу одного «открытия».

Наблюдая развитие желтой окраски у *Schistocerca* во время созревания половых органов, я обратил внимание на запах, издаваемый самцами в этот период. Запах, отдаленно напоминает корицу.

Кроме того, тергиты<sup>13</sup> брюшка у самцов покрываются восковым налетом, который можно снять иглой и убедиться, что обладает тем же запахом.

Самки лишены секреции и запаха.

Косвенные наблюдения показывают, что самка прилетает к «пахучим» самцам. Таким образом самки ищут самцов, и только на более коротком расстоянии (когда самцы м[огут] видеть самок) начинается активное сближение со стороны самца.

Предварительное исследование показало, что различия в строении тергитов самца и самки *Schistocerca* довольно существенны.

Я собрал материал и для гистологического исследования, но лишь вчера получил микротом.

Из Вашей книги о саранчовых узнал, что у *Podisma* и *Anacridium* самки активно ищут самцов, и мне хотелось бы узнать у Вас известно ли уже что-либо похожее у *Schistocerca*?

Если мои наблюдения верны, то можно думать и о душистых приманках, которые в этом случае будут более действительными, чем у бабочек, где привлекают только самцов.

Спасибо большое за напоминание о пятом международном конгрессе по саранчовым вопросам<sup>14</sup>. Боюсь, что мне, несмотря на большое желание, не удастся приехать.

Слишком хорошо я знаю наших высш[их] чиновников М[инистерств]ва. Разве только если останется наш Министр, и удастся поговорить с ним по этому поводу.

В мои руки попало «дело» содержащее приглашение на этот конгресс, и я должен был дать свое мнение, но дальнейшая судьба этого «дела» неизвестна.

Во всяком случае, позже еще напишу Вам по этому поводу, если удастся узнать что-нибудь новое. Спешу пока закончить это послание, написанное урывками, чтобы успеть отправить его по воздуху.

Еще раз большое Вам спасибо.

Искренне Ваш,

А. Оглоблин.

*P.S.* Знаете ли Вы что-либо о моем брате<sup>15</sup> и о положении «козявочников» в СССР? Он мне не отвечает уже 2 года, но в прошлом году прислал свою книгу. Стоит ли писать туда? А.О.

<sup>1</sup> Uvarov's Correspondence. Box 16. File 65 211.32. P.1—11.

<sup>2</sup> Меласса — черная (кормовая) патока.

<sup>3</sup> Один из видов южноамериканских саранчовых, вредитель сельского хозяйства, принадлежит к числу так называемых немодельных видов саранчи (nonmodel locust), фазы у которых различаются не так разительно, как у «модельной» саранчи.

<sup>4</sup> Идея применять огнеметы для уничтожения саранчи высказывалась еще в конце XIX в. в разных странах, в том числе предлагалось переоборудовать для этих целей пожарные машины (см., к примеру: Российский государственный исторический архив (РГИА). Ф. 398. Оп. 57. №181166. Л.10, 47—49).

<sup>5</sup> Группа семейств равнокрылых хоботных. Многие представители — вредители сельского хозяйства и переносчики заболеваний растений.

<sup>6</sup> О развитии сельскохозяйственной энтомологии в Канаде, в том числе о попытках использовать биологические методы для борьбы с вредителями, см.: [22]. Обмен экземплярами паразитов сельскохозяйственных вредителей из разных стран, в том числе Старого и Нового света, энтомологи вели уже в конце XIX в. См., к примеру, переписку русских энтомологов с коллегами из Северной Америки в фондах Бюро по энтомологии (РГИА. Ф. 382. Оп. 9), а также публикации Бюро по энтомологии в Санкт-Петербурге.

<sup>7</sup> Представители семейства жужжал (*Bombyliidae*) из отряда двукрылых. Личинки паразитируют на саранчовых, пчелах, бабочках, наездниках.

<sup>8</sup> Семейство двукрылых насекомых (серые мясные мухи). Большинство представителей — падальщики, но есть также и хищники.

<sup>9</sup> Кордова, провинция в центральной части Аргентины.

<sup>10</sup> Валидное название — *Rhammatocerus pictus* (Brunner, 1900).

<sup>11</sup> Провинция на северо-востоке Аргентины.

<sup>12</sup> С.А.Лизер у Trelles — см. с.62.

<sup>13</sup> Спинная склеротизованная часть сегментарного кольца членистоногих.

<sup>14</sup> V Международная конференция по саранче (V International Locust Conference) прошла в Брюсселе в августе 1938 г.

<sup>15</sup> Дмитрий Алексеевич Оглоблин (1893—1942) — энтомолог, специалист по листоедам. Как и брат, окончил Университет св. Владимира в Киеве и работал в Полтаве. С 1930 г. жил в Ленинграде, работал во Всесоюзном научно-исследовательском институте защиты растений, а также в Зоологическом институте АН СССР, где в 1938 г. возглавил колеоптерологическое отделение. Умер в первую блокадную зиму [23].

Благодарим сотрудников Музея естественной истории в Лондоне — Г.К. Лонгли (*H.C.Longley*), Л.Портчи (*L.Portch*) и Г.Кейнига (*G.Keineg*) — за предоставление писем А.А.Оглоблина; А.Лантери (*A.Lanteri*) — за помощь с письмами К.Бруха; Д.А.Акино (*D.A.Aquino*) — за фотографию Оглоблина и ценное обсуждение истории изучения саранчи; М.Ю.Сорокину — за сведения о русских натуралистах в Праге и Аргентине, а также — за копии писем Оглоблина к Вернадскому; А.В.Курьянова — за консультации по энтомологии.

Работа выполнена при поддержке фонда Национального агентства содействия развитию науки и техники при Министерстве науки, технологии и инноваций Аргентины (*Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica*; проект 2011-0418) и Программы фундаментальных исследований Президиума РАН (проект 0002-2015-0018).

## Литература

- Времена и люди*
1. *Pastrana J.* Necrología. Alejandro Ogloblin // *Physis*. 1968. T.27. №75. P.336.
  2. *Cortés R.* Obituario // *Revista Chilena de Entomología*. 1968. V.6. P.151.
  3. *Hermann T., Kleisner K.* The five homes of zoologist Mikhail M. Novikov (1876—1965). Analogy and adaptation in one's life and as a principle of biological investigation // *Yearbook for European Culture of Science*. 2005. V.1. P.87—130.
  4. *Babcock K.W., Vance A.M.* The corn-borer in Central Europe. A review of investigations from 1924 to 1927 // *Technical Bulletin (United States Department of Agriculture)*. 1929. №135.
  5. *Сорокина М.Ю.* Российское научное зарубежье: Материалы для биобиблиографического словаря. Пилотный вып. 6: Естественные науки. XIX — 1-я пол. XX в. М., 2011.
  6. Российские ученые в Южной Америке: Письма зоолога К.И.Гаврилова историку Н.Е.Андрееву (1948—1980) / Пред. Е.Н.Андреевой, М.Ю.Сорокиной; подг. текста А.А.Жидковой, комм. Е.Н.Андреевой, Н.Ю.Масоликовой, М.Ю.Сорокиной // *Ежегодник Дома русского зарубежья им. Александра Солженицына*. 2011. М., 2012. С.608—652.
  7. *Lanteri A., Martínez A.* Carlos Bruch: pionero de los estudios entomológicos en la Argentina // *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*. 2012. V.71. №3—4. P.179—185.
  8. *Labille F.* El dominio de las locustas visto desde un avión // *Anales de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires*, 1935. V.1. P.195—240.
  9. *Haskell P.T.* International locust research and control // *Journal of the Royal Society of Arts*. 1971. V.119. №5176. P.249—263.
  10. *Waloff N., Popov G.B.* Sir Boris Uvarov (1889—1970): The father of acridology // *Annual Review of Entomology*. 1990. V.35. P.1—24.
  11. «Если бы английские энтомологи собирали так же, как наши...»: первое письмо из Лондона Б.П.Уварова А.П.Семенову-Тянь-Шанскому / Подг. к печ., введ. ст. и коммент. А.В.Куприянова, А.А.Федотовой // *Историко-биологические исследования*. 2015. Т.7. №4. С.124—132.
  12. *Uvarov B.P.* A revision of the genus *Locusta* with a new theory as to the periodicity and migrations of locusts // *Bulletin of Entomological Research*. 1921. V.12. P.135—163.
  13. *Barsky O., Gelman J.* Historia del agro argentino. Desde la Conquista hasta fines del siglo XX. Buenos Aires, 2001.
  14. *Liebermann J.* Los Acridios de Mendoza, con observaciones acerca de su ecología y distribución // *Memoria de la CCIL correspondiente al año 1936*. 1939. P.259—289.
  15. *Ogloblin A.A.* Two new Scelionid parasites of *Locusta migratoria* L. from Russia // *Bulletin of Entomological Research*. 1927. V.17. №4. P.393—404.
  16. *Faure J.C.* The phases of locusts in South Africa // *Bulletin of Entomological Research*. 1932. V.23. №3. P.293—405.
  17. *Uvarov B.P., Zolotarevsky B.N.* Phases of locusts and their interrelations // *Bulletin of Entomological Research*. 1929. V.20. №26. P.1—65.
  18. *Ogloblin A.A.* Nota sobre el polimorfismo de la langosta // *Revista de Investigaciones Agrícolas*. Buenos Aires, 1955. P.22—36.
  19. *McWilliams J.E.* Boll Weevils and Bureaucrats: Leland O. Howard and the transition to chemical insecticides in the United States, 1894—1927 (<http://agrarianstudies.macmillan.yale.edu/sites/default/files/files/colloppapers/09mcwilliams.pdf>).
  20. *Rassel E.* War and Nature: fighting humans and insects with chemicals from world war I to silent spring. Cambridge, 2009.
  21. *Aquino D.* Revisión del género *Polynema* Haliday s.l. (Hymenoptera: Mymaridae) en Argentina y panses limitrofes. PhD Thesis, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Argentina, 2013.
  22. *Palladino P.* Entomology, ecology and agriculture: The making of scientific careers in North America, 1885—1985. Amsterdam, 1996.
  23. *Штакельберг А.А.* Памяти Д.А. Оглоблина // *Энтомологическое обозрение*. 1945. Т.28. Вып.3—4. С. 131—134.



# Арахнологи спорят, ошибаются, шутят

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

Любой ученый припомнит как минимум несколько занятных историй, связанных с его специальностью. Речь может идти об ошибках, необычных спорных утверждениях, наконец, просто о юморе, не всегда понятном вне пределов конкретной науки.

Арахнология — наука о пауках и других паукообразных животных (кроме клещей, которыми занимается смежная наука акарология). Из ныне живущих 10 отрядов паукообразных (помимо клещей) на территории России найдены представители лишь пяти — пауков (их подавляющее большинство — около 2400 видов), сенокосцев, ложноскорпионов, скорпионов и сольпуг. И конечно, за свою почти 250-летнюю историю, со времени Больших академических экспедиций 1760—1770-х годов, арахнология обросла разного рода казусами, о шести из которых я расскажу ниже.

## *Procorpius caesariensis* — кто это?

Любому специалисту по систематике пауков знаком классический каталог пауков Пьера Боннэ [1] (всего три тома, но второй — в пяти выпусках), единственное и не имеющее аналогов издание, в котором приведены сведения по фауне пауков всех регионов мира, охвачена вся литература с XVIII в. и вплоть до 1939 г. включительно. Конечно, при таком объеме работы Боннэ не избежал мелких ошибок. Так, подмосковная биостанция «Болшево» переехала у него на Балканский п-ов, а малоизвестный курорт Карачи на юге Западной Сибири автор каталога приравнял к крупному городу Карачи в Пакистане...

Однако наибольшее удивление вызвало у меня распространение тропического рода пауков *Procorpius* Thorell из семейства Corinnidae: большин-

შენიშვნები.	Sommaire.
Dschawachischwilli, G. Kaniden, und Feliden, kranio-metrisch zusammengestellt (ბრუნდ. I—XXXIV) . . . . .	Dschawachischwilli, G., Kaniden und Feliden, kranio-metrisch zusammengestellt (mit 34 C.-Taf.) . . . . .
1	1
Шкалева, С. М., Материалы по фауне Cladocera Грузии . .	Chiklief, S., Matériaux pour la faune Cladocera de Géorgie . .
63	63
Нарциссаян, Обзор Кавказских представителей рода Nebria Latr. . . . .	Kirichenblat, J., L'aperçu de représentants Caucasiens de genre Nebria Latr. . . . .
89	89
Ужабидзе, პ. კოლხეთის წყნარეთის ტიპები ქმნის სუბაშის . . . . .	Zagareli, P., Les éléments de flore colchique dans le défilé de Ksanli . . . . .
99	99
Давиташვილი, Д. Ш. Cardifidae Кувалинских отложений Гурии (ტაბ. I—II) . . . . .	Davidashvili, L., On the family Cardifidae of the Kujalik beds in Guria . . . . .
105	105
უფსნიშვილი, ხ. პრიკავში კესარიელის ცნობები სპარტოელის შესახებ . . . . .	Kaesthachischwilli, S. Die Angaben von Procopius Caesariensis über Georgien . . . . .
121	121
შაკლაია, ხ. კოლქური დიდრამა . . . . .	Makalashia, S. Didrachme colchique . . . . .
193	193
ბიჭორაძე, გ. რაჭის ისტორიული ძეგლები (ტაბ. III—VI) . . . . .	Botchoridze, G. Die historischen Denkmäler der Ratscha . . . . .
203	203
ინგოროვცა, პ. ძველ-ქართული წარმართული კულტურის შესახებ . . . . .	Igorokwa, P., Der altgeorgische Kalender nach den Denkmälern von V—VIII Jhd . . . . .
260	260
სპარტოელის მუზეუმის 1921—22 წწ. მუშაობის ანგარიში . . . . .	Le Musée de Géorgie en 1921 et 1922 (rapport officiel) . . . . .
337	337

Двуязычное оглавление журнала «Бюллетень Музея Грузии».

პროფ. სიმ. ყაუჩიშვილი.

პროკოპი კესარიელის ცნობები სპარტოელის შესახებ\*.

ბრძოლა პეტრას გარშემო.

“Ες τε Λαζίκην πρώτη μὲν II 29. მან (ქ. ი. ხოსრომ) ჯერ  
 ἔβλα παμπληθῆν ἔς νῆον ποίησιν ვაგზავნა ლახიკეში აუარებელი ხე-  
 ἐπιτηρείας ἔχοντα ἔπειψεν, τὸν ἐν კეთილად იყო გამოსადეგი, და  
 ἄλλα τῆρ λέγει μῆχανᾶς ἐν Πέτ- არავის ვაუმხილა, თუ რისთვის ვაგ-  
 ρας<sup>1</sup> ἠρ περιβῆν καταστραπέυσης; ზავნა ისინი, მაგრამ საფიქრებელი  
 ταῦτα ἔτασεν. ἔπειτα δὲ Περ- იყო, რომ ისინი ვაგზავნა პეტრას  
 σὼν μαχίμους τριακονταίς ἀπὸ- კედელზე მანქანების დასადგმელად.  
 ξάμους, Φάβριუს<sup>2</sup> τε, ὅσπερ ἀρ- ხოლო შეხედვ გაზარჩია სამასი  
 τῶς ἐπεμύθησεν, αὐτοῖς ἐπιστή- მამაცი სპარსელი, მათ სთავებში  
 σας ἔντασθα σέλει, ἢ τῆρ ἐπίγ- დააყენა თაბრიზი, რომელიც ახ-  
 γელს Πῶσβᾶζην ἄς λαθραίστατ ε ლახან მოვიხსენიე, და ვაგზავნა იქ.  
 διαχρήσασθαι. τὸ γὰρ ἐνθῆνδε მასვე უბრძანა მოეკლა ვუბანი, რაც  
 αὐτῶρ μελήσειν. τὰ μὲν οὖν ἔβλα შეიძლება უფრო მთლილად: დანარ-  
 ταῦτα ἔπει ἔς Λაზიკῆν ἐκμύθη, ჩენზე კი ის თვითონ იზრუნავდა.  
 κεραισῆλγეტα ἔβλαπναιῶς γεῶ- როდესაც ის ხე-ტყე ლახიკეში  
 μων τετεφρωσθαι ξυῶβη<sup>3</sup> Φάβρι- მოვიდა, უტე მათ მები დეკა და  
 ῖუს<sup>2</sup> δὲ ἔυν τῶς τριακῶσις ἔς Λა- ფეროვად იქცა. თაბრიზი სამასი-  
 ζიკῆν ἀφικῆμους: ἔπρασεν ἑπῶς; ძე თოროს ლახიკეში რომ მივიდა,  
 ἀμφι Πῶსβᾶζην τὰ πρῶς τῶν Χο- დიწყო მოქმედება, რათა აესრუ-  
 ρῶს ἐπιγγელμένῶσ ἰπτασῆσι, ἔσγ- ლებია, რაც მას ხოსროსგან პქონ-  
 χანε δὲ τῶν τῶς ἐν Κόλχαις<sup>3</sup> λο- და ნაბრძანებთ ვუბანის შესახებ.

<sup>1</sup>) იმ. სავ. მუხ. მთაბბე ტ. VI, 315 შფ.  
<sup>2</sup>) Πέτραις] Πέτραις; G.—<sup>3</sup>) Φάβριუს; P.—<sup>3</sup>) Κολχίαις; VG.—



С.Г.Каухчишвили. Фото 1930-х годов.

ство видов (ныне 11) обитает в Африке, а один, под названием *Procopius caesariensis* Kauchtschischvili, описан из Грузии. В подробном дополнении к каталогу пауков СССР [2] этот вид был пропущен. Пришлось разбираться во всех деталях. Сам Боннэ, судя по всему, в работу С.Г.Каухчишвили не вчитывался; в его библиографическом указателе (первый том каталога) указано лишь, что вся статья написана по-грузински, а оглавление дано еще и по-немецки.

К счастью, это редкое издание — «Бюллетень Музея Грузии» — нашлось в нескольких московских библиотеках. Действительно, в оглавлении 7-го тома есть ссылка на статью о находках *Procopius caesariensis* в Грузии\*. В те времена, в отличие от конца 1930-х годов, обязательности русских текстов хотя бы в оглавлении книг на языках «национальных меньшинств» еще не требовали, поэтому текст содержания тома дан по-французски и по-немецки. Из-за этого Боннэ не смог точно понять, о чем идет речь в публикации. Однако, раскрыв саму статью Каухчишвили, я с удивлением обнаружил полное отсутствие какого-либо намека на описание нового вида, диагноз или рисунки, общепринятые в арахнологических публикациях XX в. Более того, большая часть статьи представляет собой две колонки текста, левая по-грузински, а правая — по-древнегречески! Оказалось, что

\* Kauchtschischvili S. Die Angaben von Procopius Caesariensis über Georgien // Bulletin du Musée de Géorgie. 1933. T.VII (1931—1932). P.121—192.

речь идет вовсе не о пауке, а о находках рукописей византийского историка VI в. Прокопия Кесарийского, имя которого в латинской транскрипции выглядит как *Procopius Caesariensis*. Если бы в статье Каухчишвили было дано русское название, такой ошибки просто не могло бы быть.

Таким образом, род пауков *Procopius* никогда не встречался ни в Грузии, ни в любом другом регионе Евразии.

Симон Георгиевич Каухчишвили (1895—1981) — грузинский лингвист и историк литературы, ученик Н.Я.Марра, основоположник грузинской византологии; в начале 1930-х работал в Университете Тбилиси, а позже в Кутаиси, став там одним из основателей университета. В 1938 г. его арестовали как «агента немецкого империализма», затем по распоряжению Л.П.Берии выпустили на свободу, еще через год разрешили вернуться в Грузию и даже возвратили реквизированную богатую личную библиотеку. Позднее, в 1953 г., Каухчишвили, наоборот, обвинили в связях с низвергнутым Берией и уволили с работы, но до ареста дело не дошло, так что вскоре Симон Георгиевич снова приступил к научным исследованиям.

## Арахнологи шутят

Даже зоологи любят иногда пошутить и описать каких-нибудь фантастических животных. Например, обзор множества видов сухопутных риноградений, якобы относящихся к эндемичному отряду млекопитающих, который обитает на тропических островах Ай-ай-ай (называемых также архипелагом Хей-Эй), позднее уничтоженных в результате тайных атомных испытаний и тектонических подвижек, дал профессор Харальд Штюмпке\*\* (конечно, это псевдоним) в 1961 г. Тщательно описаны и примитивные формы, вроде «древненоса Геккеля» (*Archirrhinos baeckelii*), и множество продвинутых, таких как «шмыгучий сморкач» (*Emunctator sorbens*) и «колоннонос-молочник» (*Columnifax lactans*), не говоря уже о «носопрыгах», «крылоухах», «цветконосах» и многих других. Дополнительные материалы о риноградениях, обитающих в океане у берегов Антарктики, были опубликованы отечественными авторами в 2000 г., а об ископаемой форме — в 2011 г., в апрельских номерах журнала «Природа»\*\*\*.

\*\* Stümpke H. Bau und Leben den Rhinogradentia. Mit Nachwort von G.Steiner. Stuttgart; Jena, 1961. Эта книга, изданная в ФРГ, была многие годы труднодоступна, лишь недавно появилось ее довольно подробное изложение на русском языке, см: Танасийчук В.Н. Невероятная зоология. М., 2009 (первое издание), 2011 (второе издание).

\*\*\* Фелдоянц С.Д., Зельбстандер А. Загадочные носоходки // Природа. 2000. №4. С.46—54; Рогов М.А. Эориностентор — древнейший представитель отряда носоходок // Природа. 2011. №4. С.51—55.

Похожую работу предприняла питерский биолог О.М.Иванова-Казас, издав книгу «Мифологическая зоология», в которой обсуждаются гарпии, василиски, водяные и прочие драконы с химерами\*. Впрочем, содержание книги следует отнести все же к гуманитарным наукам: она вышла в издательстве филологического факультета Санкт-Петербургского университета...

А вот дать описание несуществующего вида паука в солидном научном сборнике статей\*\* — до этого додумался только немецкий арахнолог Йорг Вундерлих в 1995 г.

Вундерлих взял в соавторы ни много ни мало самого Мюнхгаузена из «лаборатории несуществующих пауков» в вымышленном немецком городе Neuenbürg (т.е. Новом городе) с четырехзначным почтовым индексом (тогда в Германии повсеместно использовали пятизначные индексы). Чтобы отличить это описание от нормальной научной работы, название нового вида сопровождается указанием n.descr. (nova descriptio), что означает новое описание, вместо традиционного sp. nov. — новый вид.

Итак, в пещерах Германии, в северном Шварцвальде, недалеко от Нюрнберга обнаружены самки слепого паука *Hahnia mammifera*, которые выкармливают свою молодь через паутинные бородавки! В подтверждение этому в статье приведены соответствующие рисунки. Дано тщательное описание самки нового вида (самец пока неизвестен), его сравнение с другими, вполне реальными формами того же рода, правдоподобно описана биология. Оказывается, паук откладывает только два яйца (а не многие десятки, как другие формы) — вследствие высокоразвитой заботы о потомстве и т.д. Отсутствие самцов, несмотря на тщательные их поиски, авторы объясняют возможным партеногенетическим размножением, хотя это явление встречается у пауков весьма редко. Обсуждается работа паутинных желез, выделяющих питание для молодых паучков.

\* Иванова-Казас О.М. Мифологическая зоология. СПб., 2004; см. также статьи О.М.Ивановой-Казас в «Природе»: Страна Мифляндия, или симметрия у Mythozoa (2002. №4. С.17–24), Страна Мифляндия. Размножение мифозоев (2004. №4. С.49–54), Страна Мифляндия. Индивидуальное развитие мифозоев (2006. №4. С.44–48), Эволюция мифозоев (2007. №4. С.31–36), Перевоспложение Лернейской гидры (2010. №4. С.58–61), Загадка сфинкса (2011. №4. С.94–96).

\*\* Wunderlich J., Munchbaas M. *Hahnia mammifera* n.descr. — erste Mitteilung über eine blinde Spinnenart mit einer einzigartigen Brutpflege aus Deutschland (Arachnida: Araneae: Dictynidae) // Beiträge zur Araneologie. Bd.4. Straubenhardt, 1995. S.325–327.

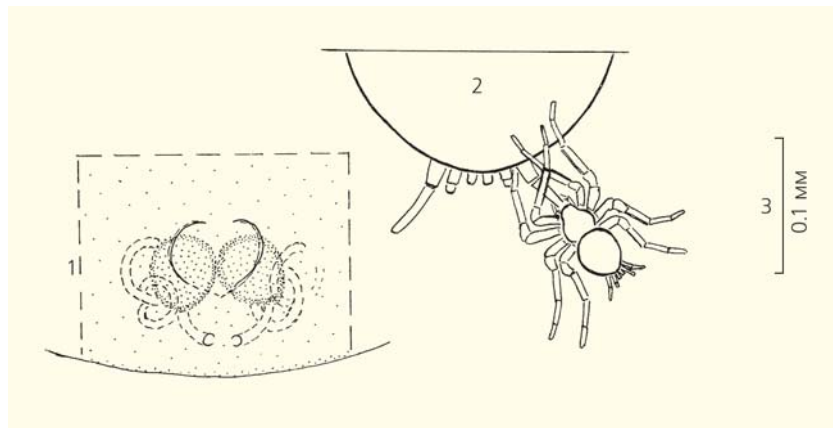


Рисунок несуществующего паука *Hahnia mammifera* из работы Вундерлиха: эпигина (копулятивный орган) самки (1), задняя часть брюшка самки с паутинными бородавками и сосущим их молодым паучком (2), глаза (3).

Вундерлих проявляет чувство юмора даже в мелких деталях. Обратите внимание на фиг.3 рисунка из этой работы: там «изображено» отсутствие глаз, т.е. просто белое поле и масштабная линейка! Одна из дат сбора нового паука — 1 апреля; весь материал собран в 1883 г.!

Публикация такой статьи в чисто научном сборнике — явление уникальное. Возможно, статья «прошла» еще и потому, что автор — сам издатель этой серии сборников и монографий и не нуждается в научном рецензировании и отзывах внешних рецензентов.

Вундерлих — глубоко оригинальный исследователь, почти самоучка, не имеющий высшего образования и никогда не работавший в академических учреждениях; до выхода на пенсию был школьным учителем. Многие его работы спорны, но все они чрезвычайно интересны. Научная продуктивность Вундерлиха до сих пор чрезвычайно высока; он описывает как ныне живущих (рецентных), так и ископаемых пауков, в основном из янтарных отложений; издает многотомную серию «Beiträge zur Araneologie»; в прошлом году мы отметили 75-летие со дня его рождения.

### Еще один отряд паукообразных в фауне России?

Отряд тропических паукообразных жгутохвостые (Urogygi), или телифоны, объединяет неядовитых медлительных рыже-коричневых или почти черных хищных членистоногих с двумя парами легких на брюшке и длинной членистой хвостовой нитью. Телифоны живут на поверхности почвы, прячась в укрытия из упавших стволов деревьев, старых пней и т.п.

Представители этого отряда известны из ряда стран Южной и Юго-Восточной Азии и Центральной Америки. Но один вид — *Tyropeltis amurensis* —





Амурский телифон, «по экземпляру из Зоологического Института, рис. И.В.Григорьева» [4].

был описан известным зоологом И.К.Тарнани [3] в 1889 г. из Приморья (бухта Ольги). С тех пор, несмотря на скрупулезные энтомологические исследования (особенно в последние 50 лет), жгутохвостых в Приморье никто не ловил. Сведения об амурском телифоне отражены в соответствующем очерке в серии «Животный мир СССР» [4], приведена даже иллюстрация. Необходимо отметить, что ближайшие достоверные находки телифонов известны только с японского южного острова Кюсю, с Тайваня, а также из Центрального и Южного Китая, за многие и многие сотни километров от Приморья.

Здесь необходимо краткое отступление. Согласно традиции, закрепленной в Международном кодексе зоологической номенклатуры, главная опора при изучении того или иного вида — типовые экземпляры, по которым данный вид был первоначально описан. Такие экземпляры (голотипы, паратипы, синтип и др.) нуждаются в особом тщательном хранении в соответствующих зоологических коллекциях и музеях. Если вид был исходно плохо описан, специалисты должны переписать его на современном уровне, исследуя в первую очередь именно оригинальные типовые экземпляры, а затем уже учитывая коллекционные материалы, собранные позднее.

Решением проблемы жгутохвостых в России занялся немецкий арахнолог Й.Хаупт [5]. Оказалось, что хранившийся в коллекции Зоологического института РАН в Санкт-Петербурге типовой экземпляр (самка), по которому был описан амурский телифон, ныне отсутствует; представлены только экземпляры из Китая, которые относятся к другому виду. Могу лишь предположить,

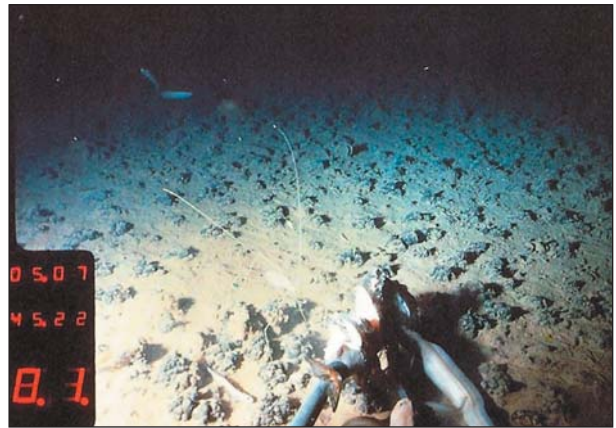
что художник, работавший над иллюстрациями к «Животному миру СССР», забыл вернуть нужный экземпляр на место. По мнению Хаупта, амурский телифон — сомнительное название; возможно, это синонимом другого вида, описанного чуть позже из Китая. Но без исследования типового экземпляра какие-либо окончательные суждения недопустимы. Скорее всего, телифон был завезен в порт бухты Ольги (об активной работе порта в этом месте писал, в частности, В.К.Арсеньев) откуда-то с юга и случайно пойман в Приморье — один-единственный раз. Другие телифоны, если они были завезены вместе с пойманной самкой, едва ли смогли перенести суровую приморскую зиму.

Анализ арахнологической литературы конца XVIII — начала и даже середины XIX в. открывает довольно много непонятных и даже загадочных находок. Например, крупный яркий паук-кругопряд полосатая аргиопа (*Argiope bruennichi*), ранее неизвестный в Европейской России севернее 52° с.ш., в последние 10—20 лет активно продвигается на север\*. Но в XIX в. этот вид едва ли мог встречаться в северных регионах. Тем не менее полосатую аргиопу отметил в 1861 г. в окрестностях Санкт-Петербурга естествоиспытатель и педагог Ю.И.Симашко. Коллекция Симашко не сохранилась, поэтому мы не можем судить, какого именно паука он имел в виду. И все последующие исследователи и в XIX, и в первой половине XX в. указывали на явную ошибочность этого указания. А вот в XXI в. полосатая аргиопа вполне достоверно найдена и в Финляндии, и в странах Балтии, и в окрестностях Санкт-Петербурга.

### Глубоководное паукообразное?

Случилось это в те времена, когда морские пауки еще не считались однозначно паукообразными животными, как это принято ныне. Известные немецкие морские биологи Х.Тиль и Г.Шривер [6] по снимкам, сделанным глубоководным спускаемым аппаратом на глубине более 4000 м, предположили, что на фотографии изображен представитель паукообразных, которого они назвали «pedipalp», очевидно, имея в виду вполне сухопутный тропический отряд жгутоногие (*Amblypygi*), или фрины, обитающий примерно в тех же местах, где и жгутохвостые (см. выше). У фринов, в отличие от телифонов, нет хвостовой нити, зато передние ноги очень длинные, больше тела, на их лапках выражена вторичная членистость. Но две пары легких (а вовсе не жабры, необходимые для водного дыхания) обязательно присутствуют. Но предположение о глубоководном паукообразном сгоряча подхватил американский арахнолог Дж.Шульц [7].

\* См.: Михайлов КГ, Панов ЕН. Полосатая аргиопа движется на север // Природа. 2014. №7. С.73—78.



Глубоководное «паукообразное» [6, pl.1]. Фото глубоководного аппарата DISCOL (с разрешения редакции журнала «Marine Biodiversity», ранее выходившего под названием «Senckenbergiana Maritima»).

Московские океанологи К.Н.Несис и Н.В.Кучерук из Института океанологии РАН и специалист по глубоководным ракообразным Б.В.Межов, тогда работавший в Зоологическом музее МГУ, проанализировав фотографии, пришли к другому выводу. Они убедительно показали, что речь идет о глубоководном ракообразном из отряда равноногих раков *Isopoda Paropsurus giganteus*: очень близки и размеры животных, и места находок. На исходных фотографиях видно только пять пар конечностей; трудно рассмотреть плавательные ноги, столь характерные для ракообразных, но у таких глубоководных форм они, как правило, прижаты к брюшку и плохо заметны.

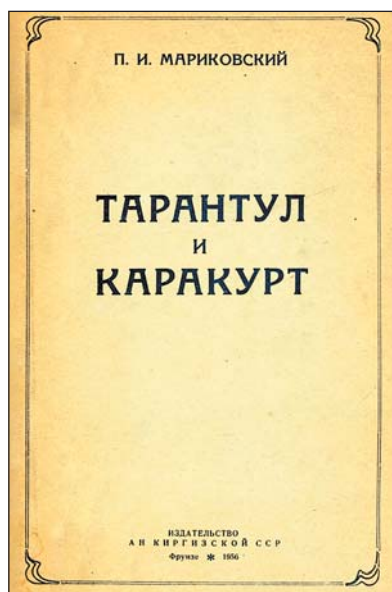
Чем же закончилась эта история? Карцинолог Межов в 1990 г. отправил немецким авторам письмо, предложив написать совместную статью, но так и не получил ответа. То ли письмо не дошло, то ли авторы не сочли нужным отвечать какому-то выскочке из тогда еще «страны Советов». В 1994 г. мы отправили небольшую заметку в американский арахнологический бюллетень «American Arachnology», где парой лет ранее был опубликован положительный отзыв о глубоководной находке. Все необходимые аргументы были приведены, и заметка увидела свет. Так состоялось очередное арахнологическое «закрытие». С тех пор никто не слышал о «глубоководных паукообразных».

### Каракурт в Подмоскovie?

Исследования ядовитых пауков Советского Союза были широко развернуты в 1930—1940-х годах. Уже в послевоенное время

много трудов по биологии тарантула и каракурта выпустил известный зоолог П.И.Мариковский\*, работавший тогда в Алма-Ате, столице Казахстана. Основные результаты его исследований и материалы докторской диссертации обобщены в обстоятельной книге «Тарантул и каракурт» [8], изданной на русском языке, без всяких резюме на иностранных языках, как было принято в то время. По этой причине многие тонкие биологические наблюдения остались недоступными для зарубежного читателя и были переоткрыты западными исследователями уже в 1990-х годах. Жаль, что книга не переведена на английский язык, в отличие от других зоологических изданий, например многих выпусков большой академической серии «Фауна СССР» или таких журналов, как «Энтомологическое обозрение» и «Зоологический журнал».

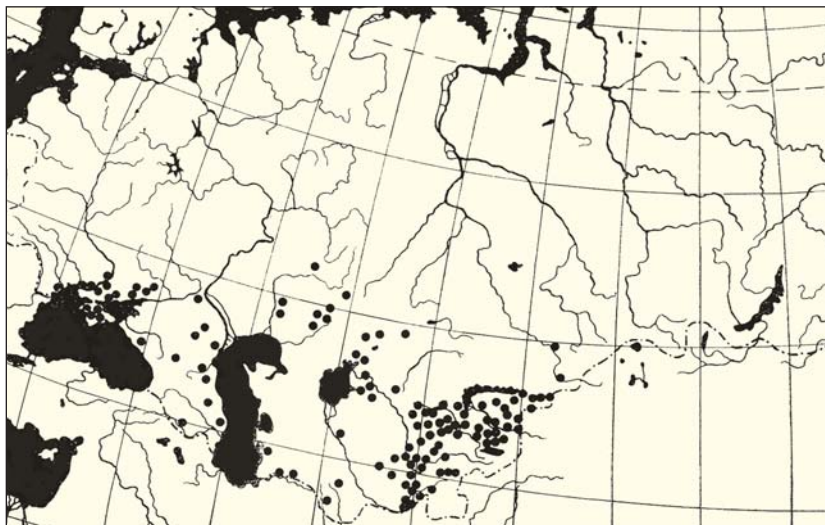
В настоящее время на территории бывшего СССР известно несколько видов ядовитых каракуртов рода *Latrodectus* (семейство Theridiidae) и крупных пауков-волков семейства Lycosidae, бродячих и копающих норы, которых принято называть тарантулами. Но в своей книге Мариковский рассматривает только широко распространенных южнорусского тарантула *Lycosa singoriensis* и черного каракурта *Latrodectus tredecimguttatus*. Области распространения этих видов хорошо известны арахнологам; и поэтому особое удивление вызывают «находки» каракурта в средней полосе России,



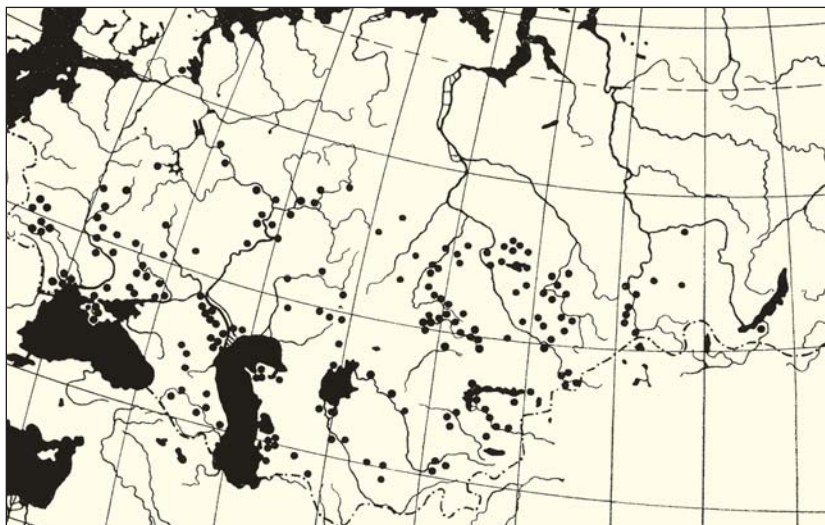
Обложка книги П.И.Мариковского [8].

\*Павел Иустинович Мариковский (1912—2008) прожил долгую и интересную жизнь. Он был энтомологом и художником, написал множество популярных книг по зоологии и географии. См. статью Ю.М.Марурика о нем [9].





Распространение тарантула [8, фиг.9].



Распространение каракурта [8, фиг.51].

даже под Москвой, указанные на карте в книге Мариковского [8]. Напротив, тарантул, давно известный из Черноземья, почему-то обитает, по Мариковскому, только в пустынной, полупустынной зонах и на юге степной. Оказалось, в типографии просто перепутали карты распространения этих видов!

Впрочем, скорее всего, самая северная находка тарантула (окрестности тогда еще подмосковной деревни Фили, 1890-е годы.) ошибочна; наиболее вероятно, что какой-то студент привез живого тарантула из южных губерний, держал его у себя дома или на даче, а потом, сдавая умершего паука в музей, написал неверную этикетку. На самом деле в Московской обл. тарантул чрезвычайно редок и найден только южнее р.Оки, а также, по неподтвержденным данным, в юго-восточных районах области, к югу от Шатуры.

## Скорпион в Тюмени

Распространение таких ядовитых членистоногих, как скорпионы, на территории России и республик бывшего СССР хорошо изучено. В настоящее время в России скорпионы встречаются на Кавказе, в Крыму, а также в Нижнем Поволжье; на территории Сибири и Дальнего Востока достоверные находки неизвестны. В республиках Средней Азии и в Казахстане северная граница проходит примерно по 50° с.ш. или даже немного южнее [10]. Этот регион находится гораздо южнее территории Западной Сибири.

Однако в 2005 г. вышла книга [11], в которой указана находка скорпиона в лесостепной зоне Тюменской обл., т.е. на многие сотни километров севернее признанной границы! Все мои попытки выяснить, где же хранится пойманный скорпион, закончились неудачей. Второй автор, который занимался сбором материала, скончался задолго до выхода книги в свет, а первый автор, эколог, смог лишь сообщить, что в 1990-х годах этого скорпиона возили в Зоологический институт РАН в Санкт-Петербург и там кто-то подтвердил его идентичность. Коллеги в Зоологическом институте, несмотря на мои интенсивные вопросы, не смогли припомнить такого случая. Богатейшая и самая крупная в России

коллекция скорпионов института — заслуга знаменитого зоолога А.А.Бяльницкого-Бирули, первого российского специалиста в этой области, автора соответствующего тома «Фауны России» [12], вышедшего в свет в революционном 1917 году. Но в этой коллекции скорпион из Тюменской обл. отсутствует.

Вопрос остается открытым. Имеем ли мы дело с каким-то реликтом, или с ошибочно написанной этикеткой, или со скорпионом, сбежавшим из неволи? Похоже, в ближайшее время мы не сможем этого узнать. Но все другие известные нам скорпионы живут только в Центральном Казахстане и в более южных регионах.

В практике научной работы регулярно придется сталкиваться с не очень понятными находками. Так, лет 25 назад мне попался паук *Clubiona rostrata*, собранный коллегами в Белгородской обл.



Северная граница распространения скорпионов в Казахстане (пунктирная линия) и места их находок (черные кружки) [10], а также и непроверенная находка на юге Тюменской обл. (красный кружок со знаком вопроса). На карте указаны основные физико-географические регионы: В — Русская равнина, Г1 — Урал, Е2 — Кавказ, Ж2 — Копетдаг, З+И — горы Средней Азии, К — пустыни Средней Азии, Л — Казахстанский мелкосопочник, М — Западная Сибирь, П — горы Южной Сибири.



Только один экземпляр. Настоящая область распространения этого паука — юг Дальнего Востока России, Япония, Корея и Северный Китай, и там собраны десятки самцов и самок. Откуда он взялся в Европейской России? Я не стал в этом

разбираться, просто отложил находку в сторону и никогда не ссылался на нее в научных статьях. Но этот паук хотя бы хранится в Зоологическом музее МГУ, в ожидании желающих разгадать загадку... ■

*Материал для статьи удалось подготовить благодаря помощи коллег-арахнологов: А.В.Громова (Бинген-на-Рейне, Германия), давшего консультации по распространению скорпионов в Казахстане, П.Ягера и Ю.Альтман (P.Jäger, J.Altmann, Франкфурт, Германия), представивших копии фотографий из немецкого журнала, а также моей родственницы из Тбилиси (Грузия) Н.Ш.Сакварелидзе, предоставившей фотографию С.Г.Каухчишвили.*

## Литература

1. Bonnet P. Bibliographia Araneorum. Toulouse, 1945—1961.
2. Харитонов Д.Е. Дополнение к каталогу русских пауков // Уч. зап. Пермск. ун-та. 1936. Т.2. Вып.1. С.167—225. (Основной текст опубликован ранее: Харитонов Д.Е. Каталог русских пауков. Л., 1932.)
3. Tarnani J. Sur les collections de Thélyphonides de quelques musées russes // Zoologischer Anzeiger. 1889. Bd.12. S.118—122.
4. Редикорцев В.В. 1937. Жгутоногие — Pedipalpi // Животный мир СССР. Т.1 / Ред. С.А.Зернов, Н.Я.Кузнецов. М.; Л., 1937. С.529, 719.
5. Haupt J., Song Daxiang. Revision of East Asian whip scorpions (Arachnida Uropygi Thelyphonida): I. China and Japan // Arthropoda Selecta. 1996. V.5. №3—4. P.43—52.
6. Thiel H., Schriever G. The DISCOL enigmatic species: a deep-sea pedipalp? // Senckenbergiana maritima. 1989. Bd.20. N.3—4. P.171—173.
7. Schultz J.W. A living deep-sea arachnid // American Arachnology. 1992. №46. P.3—4.
8. Мариковский П.И. Тарантул и каракурт. Фрунзе, 1956.
9. Марусик Ю.М. Павел Иустиневич Мариковский — 75 лет служения науке и обществу // Arthropoda Selecta. 2004. Т.13 (2003). Вып.3—4. С.255—258.
10. Gromov A.V. The northern boundary of scorpions in Central Asia // Scorpions 2001 — In Memoriam Gary A.Polis / Eds. V.Fet, P.A.Selden. British Arachnological Society, 2001. P.301—306.
11. Стриганова Н.М., Порядина Н.М. Животное население почв бореальных лесов Западно-Сибирской равнины. М., 2005.
12. Бялыницкий-Бируля А.А. Скорпионы. Вып.1 // Фауна России и сопредельных стран. Паукообразные. Т.1. Пг., 1917.

# Труд жизни великого биолога

## Взгляд на Н.К.Кольцова из XXI века

Лицом к лицу лица не увидать.  
Большое видится на расстоянии.

Сергей Есенин

Николай Константинович Кольцов — классик науки, один из тех, кто до конца противостоял шарлатанам от биологии. У нас это признано. Он ушел из жизни 75 лет назад, в Ленинграде, при невыясненных обстоятельствах\*. Это произошло вскоре после ареста Н.И.Вавилова. Имя Николая Кольцова не упоминали более 20 лет\*\*.

На Западе Кольцова не помнят. Но сегодня парижский ученый, молекулярный биолог и историк науки Мишель Моранж возвращает нас к событиям прошлого: он пытается понять, «как это было на самом деле». Оценки ученого-естественника выверены и точны. Он достойно представляет родину великих математиков.

В настоящее время Моранж — профессор биологии в Университете Парижа и Высшей нормальной школе (Ecole normale supérieure) в Париже. Он начинал как биохимик и молекулярный биолог в Институте Пастера в Париже, где получил ученую степень в 1978 г. Затем он обратился к биологии клетки, работая в лаборатории Франсуа Жакоба в том же институте. В 1991 г. он создал в Высшей нормальной школе исследовательскую группу, занимающуюся изучением белков теплового шока.

Как молекулярного биолога, а также как историка и философа науки, Моранжа интересует развитие в XX в. биологии, особенно молекулярной. Пожалуй, самая известная его книга — «История молекулярной биологии». В 1994 г. она вышла во Франции, в 2000-м — в английском переводе Мэтью Кобба в США, в издательстве Гарвардского университета. Британский рецензент писал, что автор «повернулся спиной к ортодоксальной истории» моле-



Бюст Н.К.Кольцова работы В.И.Мухиной. Уникальное фото оригинала перед отливкой в бронзу.

кулярной биологии, где все завязано на «англосаксов». Другой рецензент заметил, что Моранж выражает свой взгляд на события, и сравнивает его книгу с фильмом Акиры Куросавы «Расемон», где разные люди излагают одно и то же происшествие.

Моранж обнаружил две книги Кольцова, вышедшие в Париже в издательстве «Эрманн» в 1935 и 1939 гг. Он отмечает высочайший уровень авторов этого издательства — классиков мировой науки. Моранж подчеркивает, что эти книги были упущены историками, поскольку их не перевели на английский! Работы учеников и сотрудников Кольцова во многом определили лицо биологии XX в.: это генетика популяций (С.С.Четвериков и другие), приведшая к рождению синтетической теории эволюции; радиационный и химический мутагенез (Н.В.Тимофеев-Ресовский, В.В.Сахаров и И.А.Рапопорт); массовое получение Б.Л.Астауровым клонов шелкопряда. Исключительно важно, что эти теоретические разработки нашли широкое практическое применение.

Моранж открыл для себя пионерные работы Кольцова и понял его роль как одного из основателей молекулярной и клеточной биологии. Творчество Кольцова сильно обогнало современную ему науку. Оценить и понять во всей полноте работы ученого в 1941 г. было невозможно. О своем любимом учителе тогда написали Б.Л.Астауров и Н.В.Тимофеев-Ресовский. Но время Кольцова еще не пришло. Спустя 70 лет Моранжу многое удалось, хотя он ограничен личными достижениями Кольцова и знает далеко не все. Работы школы Кольцова, начатые учителем, он не рассматривает, ведь Кольцов не приписывался к ним как соавтор. Упоминает Моранж лишь имя Н.П.Дубинина в связи с его работой на дрозофиле. А ведь авторами новых видов животных и растений в школе Кольцова стали Б.Ф.Кожевников, В.В.Сахаров и Б.Л.Астауров. И все же находки французского историка науки впечатляют.

Моранж открыл для себя пионерные работы Кольцова и понял его роль как одного из основателей молекулярной и клеточной биологии. Творчество Кольцова сильно обогнало современную ему науку. Оценить и понять во всей полноте работы ученого в 1941 г. было невозможно. О своем любимом учителе тогда написали Б.Л.Астауров и Н.В.Тимофеев-Ресовский. Но время Кольцова еще не пришло. Спустя 70 лет Моранжу многое удалось, хотя он ограничен личными достижениями Кольцова и знает далеко не все. Работы школы Кольцова, начатые учителем, он не рассматривает, ведь Кольцов не приписывался к ним как соавтор. Упоминает Моранж лишь имя Н.П.Дубинина в связи с его работой на дрозофиле. А ведь авторами новых видов животных и растений в школе Кольцова стали Б.Ф.Кожевников, В.В.Сахаров и Б.Л.Астауров. И все же находки французского историка науки впечатляют.

\* В частности, об этом могут говорить материалы о кончине Кольцова из Ленинградских медресей, поступившие в архив АН СССР в 1977 г. (Архив РАН. Ф.50. Оп.2. Ед. хр.28).

\*\* Первая публикация о Н.К.Кольцове: *Раменский Е.В.* Академик Николай Константинович Кольцов // *Химия и жизнь.* 1965. №5. С.30—37.

Исследователю очевидно, что именно Кольцов — автор матричной теории в биологии. Дорогого стоит и обнаруженное Моранжем первенство Кольцова в рождении понятия «эпигенетика», которое впоследствии приписывалось К.Уоддингтону (с дружным повторением в наших энциклопедиях). Но французскому историку биологии неизвестно, что Кольцову принадлежит дерзкая гипотеза о метилировании генов, которую русский ученый выдвинул 100 лет назад, в 1915 г.! А сегодня именно с этим процессом связывают механизм эпигенетики. Рассматривая «удивляющее обращение Кольцова к физике», Моранж имеет в виду детерминистский взгляд ученого на развитие организмов.

Нельзя согласиться с Моранжем в том, что научная репутация спасла Кольцова от злой судьбы. Спасла в 1920 г. при Ленине, но не спасла в 1939—1940 гг. Как «левого» его выдавили из Московского университета при царе. Как «правого» изгнали из университета в 1930 г. Годами его упрекали и обли-

чали как евгеника. А работа 1924 г. «Генетический анализ психических особенностей человека», по мнению современных генетиков, не устарела. Ценным вкладом в антропогенетику человека стали исследования Кольцова однояйцевых (идентичных) близнецов. Новаторским в истории науки было и начатое им в 1921 г. изучение генетики каталазы и групп крови.

При жизни Кольцова не оценили по заслугам. У нас и сегодня нет памятника великому ученому, нет даже мемориальных досок. Есть, правда, институт РАН и премия, носящие его имя. Можно лишь позавидовать испанцам: как они чтут память гистолога С.Рамон-и-Кахаля! Некоторые считают, что он, подобно Кольцову, первооткрыватель цитоскелета. Пора нам знать, чтить и помнить «пророков в отечестве своем».

© Е.В.Раменский,  
кандидат химических наук  
Москва

## Николай Кольцов и молекулярная биология\*

М.Моранж

В историографии молекулярной биологии Николай Кольцов (1872—1940) упоминается первым, кто рассматривал хромосому как «гигантскую молекулу». Впервые это отметил Дж.Холдейн в 1945 г. в своем комментарии в «Nature» о книге Э.Шрёдингера «Что такое жизнь?» [1, 2]. Р.Олби добавил еще один вклад Кольцова: он касался огромного разнообразия структур, порождаемых замещением остатков вдоль длинной цепи макромолекулы, — процесса, неоднозначно названного им изомеризм [3]. В переводе на информационный язык, принятый молекулярными биологами после Второй мировой войны, это означало, что такие длинные молекулы могут быть носителями информации: она содержалась в природе остатков, присутствующих в каждом из положений вдоль моле-

кулы. Это опередило гипотезу о последовательностях, предложенную Ф.Криком в 1957 г. Согласно ей, «специфичность участка нуклеиновой кислоты выражается исключительно последовательностью ее оснований, и эта последовательность — (простой) код для порядка аминокислот в индивидуальном белке» [4, 5, 6]. К.Уоддингтон описал эту работу Кольцова как одну из ранних в молекулярной биологии [7]. Однако статью не оценили и не упоминали в литературе, нет ее, например, в описании Х.Джадсона развития молекулярной биологии [8].

В области клеточной биологии Кольцов известен не только тщательным описанием гигантских хромосом у двукрылых [4], но и ранними работами по нейрофибриллам [9, 10], а также пониманием важности цитоскелета, выявление которого в световом микроскопе тогда едва ли было доступно.

Кольцов был замечательным научным руководителем, возглавлял созданный им в 1917 г. Институт экспериментальной биологии в Москве, работу которого на переднем крае мировой науки ему удалось поддерживать в трудной политической обстановке.

Знаменит он и как глава оппозиции Лысенко в 1936—1939 гг. (тот препятствовал избранию Кольцова членом Академии наук и добился его смещения с поста директора в апреле 1939 г.) [11].

\* Перевод статьи М.Моранжа: *Morange M. The attempt of Nikolai Koltzoff (Koltsov) to link genetics, embryology and physical chemistry // Journal of Bioscience. 2011. V.36. P.211—214.*

Внесенными мной изменениями в текст статьи было лишь исправление строчных на заглавные буквы в написании немецких существительных, а также выверенная по оригинальной публикации фамилия соавтора Н.К.Кольцова — Веры Николаевны Шредер — «Schroeder» вместо «Schrader». — *Примеч. пер.*

© Моранж М., текст, 2015

© Раменский Е.В., перевод, 2015



Не впервые Кольцову приходилось попадать в политическую бурю. В 1906 г. он отказался от академической должности, а спустя три года после революции был арестован и чудом избежал смертного приговора. После освобождения научная репутация Кольцова спасла его от злой судьбы. Годом позже своего смещения, в 1940 г., он скончался. В ночь его смерти покончила с собой его жена. Его младший коллега Николай Вавилов заплатил жизнью за свою оппозицию Лысенко и умер в тюрьме после трех лет заключения.

## Две малоизвестные книги

В дополнение к своим научным статьям Кольцов опубликовал две маленьких (по 60 страниц) книги на французском языке в престижной серии издателя Эрманна (Hermann) под общим заглавием «Генетика и проблема эволюции» [3, 12]. Это малое издательство, расположенное близ главного здания Сорбонны, привлекало к работе в серии «Научная и промышленная деятельность» наиболее знаменитых французских и зарубежных ученых: биологов (Жюль Борде, Виктор Анри и Жака Моно), физиков (Луи де Бройля, Леона Бриллюэна, Пьера Кюри, Альберта Эйнштейна и Поля Ланжевена), физического химика Жана Перрена, математиков (Эли Картана, Норберта Винера, Вито Вольтера) и других. То, что Кольцов был среди них, указывало на признание важности его работ и идей.

Обе книги Кольцова (первая «Физиология развития и генетика» в 1935 г., вторая — «Наследственные молекулы» в 1939 г.) были представлены как оригинальные, хотя частично они уже издавались на русском языке\*.

Эти книги, упущенные историками (вероятно, из-за отсутствия английского перевода), имеют особое значение. Имеющиеся в них сведения нельзя найти в научных статьях, где пространство ограничено, а стиль строго контролируется. В подобных книгах, рассчитанных на широкого читателя, ученые без колебаний могут предлагать возможные связи между различными областями науки и областями исследования. В них можно достоверно объяснить идеи, на которых основываются авторские модели и подходы. Обе книги содержат ключи к представлениям биологов в 1930-е годы, а также к гипотезам, моделям и наблюдениям, из которых в последующем вырастет молекулярная биология. Они дают ясное представление и о самом Кольцове, о его идеях и вкладе в науку, а также показывают политическую обстановку, в которой он работал.

\* Французский вариант книг — по сути, обобщение нескольких работ Кольцова: «Наследственные молекулы» (1935), «Роль гена в физиологии развития» (1935) и «О возможностях планомерного создания новых генотипов путем кариокластических воздействий» (1938). — *Примеч. пер.*

## Кольцов против Лысенко

Книги Кольцова, о которых идет речь, появились в решающее для истории советской науки время, хотя автор не делает прямых отсылок к политическому положению. Однако сам путь, по которому он развертывает свои доводы (особенно в книге 1939 г.), показывает и оправдание генетики, и ответ Лысенко.

Вторая книга начинается личными воспоминаниями Кольцова о первом научном съезде в Москве, в котором он участвовал 45 лет назад и впервые выступил с научным сообщением. На съезде присутствовал и Л.Н.Толстой. Кольцов вспоминает, как великий писатель сетовал, что усилия биологов в подробном изучении «штучек в клеточке» мало помогают сельскому хозяйству. В заключение своей брошюры ученый возвращается к этим воспоминаниям и утверждает, что развитие биологии за прошедшие 45 лет показало полную неправоту Толстого. Детальные описания биологических структур открыли новые широкие пути их использования.

Критика Толстым биологии и биологов не так уж отличалась от лысенковской: мол, биологи заблудились в деталях и забыли об использовании добытых знаний. Воспоминания Кольцова об ошибках Толстого были очень ко времени: тогда Коммунистическая партия критиковала идеализм писателя. Этим путем утверждалась также преемственность между науками России и Советского Союза. В первой части книги представлены главные из последних достижений генетики и огромный вклад в нее школы Моргана.

Кольцов показывает, как эти результаты воспроизводились и расширялись в его московском институте. В противовес противопоставлению пролетарской и буржуазной науки Кольцов настаивал на быстром распространении идей и методов между генетическими лабораториями разных стран. Особенно он подчеркивал практические результаты, полученные недавно молодой наукой, генетикой. Так, применив сложные методы, появившиеся в американских лабораториях, Николай Дубинин смог получить в Кольцовском институте новые мутации у мухи *Drosophila* с измененным числом хромосом, т.е. организм, который должен был стать новым видом. Используя недавние наблюдения о том, что обработка колхицином порождает полиплоидию и приводит к более мощным изменениям, русские исследователи сумели вывести новые и более продуктивные растения. Итак, генетики могли успешно улучшать сельскохозяйственные культуры в противовес утверждениям Лысенко, что на это способна лишь окружающая среда.

Возвращаясь в конце книги к съезду, Кольцов рассматривает недавнее успешное развитие биологии как синтез представлений, которые, по тогдашним представлениям, находятся в конфликте. Эволюция биологических знаний претерпевала диалектические преобразования. То же было верно для

эмбриологии: обсуждался синтез двух противоположных представлений в этой области — эпигенеза и преформизма. Так Кольцов вносил свой явный вклад в официальную философию марксизма.

Интересная особенность книг 1935 и 1939 гг. — полное отсутствие ссылок на евгенику. Это резко расходилось с местом этой дисциплины, которое Кольцов отводил ей в статье 1924 г. в журнале «Science», описывая работы Института экспериментальной биологии [13]. Упомянув радикальную евгеническую программу, осуществляемую в Германии в предшествующие годы, сторонники Лысенко смешивали генетику, евгенику и фашистскую политику в Германии. В дискуссии, проходившей в Москве в 1936 г., главная критика была направлена на евгенику, развиваемую Кольцовым.

### Наследственные молекулы

Как упоминалось, описание хромосом в качестве наследственных молекул признается самым важным вкладом Кольцова в развитие новой биологии. «Наследственные молекулы» — это заголовок его французской публикации 1939 г. Но автор идет дальше, рисуя точное строение хромосомы. Это длинная полипептидная цепь, образующая сложным путем боковые ответвления из аминокислот и других молекул, например, гормонов и нуклеотидов. Кольцов согласен с Дороти Ринч [14] в том, что связь между аминокислотами не ограничивается пептидной, а включает главные и боковые валентности, объясняющие сложное строение хромосомы. Ученый признает, что нуклеотиды могут быть ответвлениями цепи аминокислот. При этом он использует господствующую тогда точку зрения Левина о нуклеиновых кислотах как монотонных тетра-нуклеотидах, имеющих ограниченную структуру и выполняющих энергетическую роль [6].

Еще один из наиболее оригинальных взглядов Кольцова был высказан по поводу связи хромосом и цитоплазмы клетки. Тогда хромосомы рассматривали как структуры, более или менее изолированные от клетки. По модели Кольцова, хромосомы взаимодействуют непосредственно с цитоплазмой, поскольку при каждом клеточном делении ядерная мембрана разрушается. Хромосомы при этом могут и присоединять, и освобождать прикрепленные молекулы. Контролирующая роль хромосом вытекает из их способности к саморепликации — процессу, который ученый сравнивал с кристаллизацией. Принцип Кольцова: «всякая молекула от молекулы» (*omnis molecula ex molecula*). Так он развивает знаменитое выражение Рудольфа Вирхова «*omnis cellula e cellula*» (всякая клетка от клетки) и подчеркивает способность наследственных макромолекул к саморепликации [4]. Это свойство присуще всем молекулам, образующим хромосомы: аминокислотам, а также стероидным гормонам и нуклеотидам. Молекула не может быть

синтезирована без присутствия в клетке уже существующих ее копий. Следовательно, центральное место в клетке занимают хромосомы. Сложные молекулярные и макромолекулярные структуры воспроизводятся аналогично кристаллизации. Все молекулы и макромолекулы, которые организм может синтезировать, служат частью хромосом.

### Объединение эмбриологии, генетики и физической химии

Предложить в то время точное строение хромосом было дерзким шагом. В этой наиболее яркой части проекта Кольцова соединились физико-химический подход ученых в духе Ж.Лёба с прогрессом в эмбриологии, начавшимся в конце XIX в. и достигшим кульминации в опытах Х.Шпемана в первом десятилетии XX в.

Публикацию Кольцова можно сравнить с «Эмбриологией и генетикой» Т.Моргана 1934 г. [15]. В этой книге уже подчеркивалось отсутствие реальных связей между двумя отраслями знаний [16], что контрастировало с германским стилем в генетике, где обе науки были тесно увязаны [17]. Очевидно, Кольцов был близок к немецкой генетической школе. Но он пошел дальше, пытаясь связать генетику и эмбриологию с помощью физико-химических представлений того времени.

Проект Кольцова полностью проясняется в публикации 1935 г. Несмотря на вклад автора в представления Г.Штаудингера о макромолекуле, его концепция близка к позиции ученых коллоидной школы, делавших упор на важность физико-химических сил в жизнедеятельности клетки. Кольцов использовал две модели для объяснения изменений, происходящих в ходе развития. Первая — способность составных частей клетки оставаться растворимыми или преобразовываться в нерастворимые структуры. Этот переход гидрозоль—гидрогель должен отвечать за образование цитоскелета, на важность которого указывал Кольцов. Каждая видимая структура клетки, подобно хромосоме, есть результат образования особого цитоскелета. Вторая модель объясняется существованием силового поля, которое движет развитием. Его можно описать как результат нарастающего усложнения первоначально простого силового поля. Сначала оно имеет «электрический» характер, поэтому внутриклеточные движения на ранних стадиях развития Кольцов называл катафоретическими. Вероятно, поэтому он объяснял сложное поведение хромосом наличием у них противоположных электрических зарядов [18]. Но силовое поле имеет и дополнительные составляющие — механические силы, капиллярные, диффузионные и силы притяжения. Поле может действовать и через химические и температурные градиенты. Этим разнообразием сил, действующих в ходе развития, объясняется его сложность.

Нет необходимости обращаться ни к витализму, подобно Х.Дришу, ни к случайности, которая, по Кольцову, не играет никакой роли в развитии.

## Выводы

Нужно отметить три дополнительных особенности книг Кольцова. Во-первых, как мы видели, ученый предпочитает детерминистский взгляд на развитие, не оставляющий мест индетерминизму. Он рассматривает уроки последних работ биологов, которые могли бы быть полезны физикам. Последние особое значение придают существованию фундаментальной неопределенности физического мира, утверждая, что хоть расщепление атомов и подчиняется строгому закону, но определить точно, какие атомы будут расщеплены в следующие несколько секунд или минут, невозможно. Кольцов утверждает, что мы могли бы оценить эту информацию, если бы лучше знали точное окружение каждого атома. Тем же путем биологи научились бы предвосхищать трансформации клеток в процессе развития, исходя из точных знаний их микросреды. Таким образом, Кольцов подает себя как истинный марксист, не принимающий роль случайности в физическом мире.

Другим оригинальным взглядом Кольцова следует считать его утверждение, что отбор в природе действует не только на взрослые организмы, но на всех стадиях их развития. Эта мысль была особенно интересна тогда, когда складывалась синтетиче-

ская теория эволюции, исключавшая развитие как сердцевину эволюционной биологии. Сегодня такое утверждение звучит как понятие «опоры» (supporters) в теории систем развития [19].

Последнее наблюдение наиболее интригует. При описании ранней фазы эмбрионального развития Кольцов использует слово «эпигенетический», чтобы отличить образование осей в яйце и независимость этого процесса от хромосомного комплекса ядра. «Есть причины полагать, что образование осей в яйце — это эпигенетический феномен, не зависящий от хромосомного комплекса, содержащегося внутри ядра, и что это определяется позицией зародышевой клетки среди других клеток и тканей материнского организма» [12]. Так Кольцов начинает плавный переход от эпигенеза к эпигенетике, который был завершен Уоддингтоном. Насколько мне известно, подобное раннее использование слова «эпигенетический» не было замечено историками и философами. Обычно создателем этого кодового понятия видят Уоддингтона [20, 21]. Правда же заключается в том, что последний в своей первой публикации по эпигенетике называет себя автором слова, обозначившего союз между эпигенезом и генетикой [22]. Как мы уже говорили, Уоддингтон знал о работах Кольцова и считал его одним из европейских основателей молекулярной биологии [7], но ссылаясь на его французскую книгу 1939 г. только однажды. Поскольку термин «эпигенетический» появился в работе Кольцова 1935 г., гипотезу о заимствовании Уоддингтоном этого термина следует проверить. ■

## Литература

1. *Haldane J.B.C.* A physicist looks at genetics // *Nature*. 1945. V.155. P.375—376.
2. *Koltzoff N.K.* Physikalisch-chemische Grundlage der Morphologie // *Bol. Zbl.* 1928. V.48. P.345—369.
3. *Koltzoff N.K.* Les mole'cules he're'ditaires. Paris, 1939.
4. *Koltzoff N.K.* The structure of the chromosomes in the salivary glands of *Drosophila* // *Science*. 1934. V.80. P.312—313.
5. *Crick F.H.C.* On protein synthesis. // *Symp. Soc. Exp. Biol.* 1958. V.12. P.138—1163.
6. *Olby R.* The path to the double helix. L., 1974.
7. *Waddington C.H.* Some European contributions to the prehistory of molecular biology // *Nature*. 1969. V.221. P.318—321.
8. *Judson H.F.* The eighth day of creation: the makers of the revolution in biology. Cold Spring Harbor, 1979.
9. *Koltzoff N.K.* Studien ueber die Gestalt der Zelle // *Arch. Mikr. Anat.* 1906. V.67. P.364—572.
10. *Koltzoff N.K.* Zur Frage der Zellgestalt // *Anat. Anz.* 1912. V.41. P.183—207.
11. *Birstein V.J.* The perversion of knowledge. Cambridge, 2001.
12. *Koltzoff N.K.* Physiologie du de'veloppement et genetique. Paris, 1935.
13. *Koltzoff N.K.* Experimental biology and the work of the Moscow Institute // *Science*. 1924. V.59. P.497—502.
14. *Wrinch D.M.* The pattern of proteins // *Nature*. 1936. V.137. P.411—412.
15. *Morgan T.H.* Embryology and genetics. NY, 1934.
16. *Allen G.E.* Tomas Hunt Morgan: the man and his science. Princeton, 1978.
17. *Harwood J.* Styles of scientific thought: the German genetics community. 1900—1933. Chicago, 1993.
18. *Koltzoff N.K. and Schroeder V.N.* Artificial control of sex in the progeny of mammals // *Nature*. 1933. V.131. P.329.
19. *Oyama S., Griffiths P.E. and Gray R.D.* Cycles of contingency: developmental systems and evolution. Cambridge, 2001.
20. *Van Spreybroeck L.* From epigenesis to epigenetics: the case of C.H.Waddington // *Ann. NY Acad. Sci.* 2002. V.981. P.61—81.
21. *Jablonska E., Lamb M.J.* The changing concept of epigenetics // *Ann. NY Acad. Sci.* 2002. V.981. P.82—96.
22. *Waddington C.* L' e'pige'notype // *Endeavour*. 1942. V.1. P.18—20.



# Новости науки

## Физика плазмы

### Как быстро распознать деформацию материала первой стенки реактора?

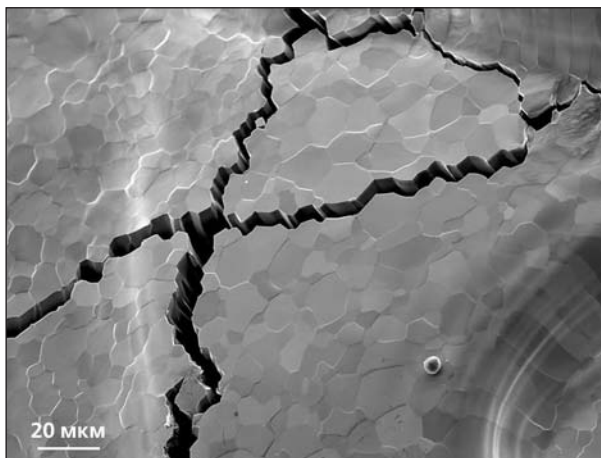
Управляемый термоядерный синтез (УТС) считают одним из перспективных и практически неисчерпаемых источников энергии. Есть разные методы инициирования УТС. Классический предполагает взаимодействие дейтерия и трития в токамаках — замкнутых магнитных ловушках в форме тора, где происходит нагрев и удержание плазмы. Достигнутые на таких установках параметры плазмы наиболее близки к расчетным реакторным значениям. На базе токамака во Франции строят сейчас Международный экспериментальный термоядерный реактор ИТЭР.

Серьезная проблема на пути его создания — выбор конструкционных материалов для первой стенки вакуумной камеры реактора. Она работает в условиях высоких радиационных и тепловых нагрузок (предполагается, что температура плазмы в ИТЭР будет достигать 150 млн °С). При этом плазменная граница неустойчива. Несколько раз в секунду происходит выброс мощных порций тепла на стенку камеры, причем не равномерно, а на очень маленькую площадь. Поверхность материала в этом месте за короткое время нагревается на сотни или тысячи градусов, что меняет структуру металла и ведет к его деформации и разрушению. Отсюда и специфичность требований к материалам. Среди первых кандидатов на эту роль специалисты называют металлический вольфрам и его сплавы.

Ранее поведение материалов при тепловой нагрузке рассчитывали на мощных компьютерах, что занимало много времени. Старший научный сотрудник новосибирского Института ядерной физики (ИЯФ) им.Г.И.Будкера СО РАН А.С.Аракчеев предложил формулу, применение которой существенно ускоряет процесс прогнозирования, позволяет предвидеть деформацию материала первой стенки реактора и, возможно, избежать его разрушения\*.

Идея ученого состоит в том, чтобы избавиться от рутинных расчетов переноса тепла между всеми

\* *Arakcheev A., Huber A., Wirtz M.* Theoretical investigation of crack formation in tungsten after heat loads // *J. of Nucl. Mater.* 2015. V.463. P.246—249.



Трещина на переплавленной поверхности вольфрама после облучения на установке ГОЛ-3. Снимок сделан с помощью сканирующего электронного микроскопа.



Лист вольфрама после многократного облучения плазменным потоком в выходном узле ловушки ГОЛ-3.

[www.inp.nsk.su](http://www.inp.nsk.su)

участками камеры, воспользовавшись упрощающими предположениями. Одно из них — малая глубина прогрева за одну миллисекунду (такова длительность импульса выброса плазмы на стенку). «Представьте, — рассказывает Аракчеев, — что у вас есть метровый стержень. Даже если один конец вы поместите в костер, то за другой сможете держаться рукой достаточно долго, потому что тепло проникает внутрь медленно: за миллисекунду не более

чем на несколько миллиметров. Если вы грели пятно сантиметрового размера, а вглубь тепло проникло лишь на долю миллиметра, то у вас есть так называемый малый параметр — толщина нагретого слоя. Мы им воспользовались и в результате получили очень простую формулу, которая связывает напряжение с величиной нагрева. Она позволяет быстро вычислить, будет ли трескаться вольфрам и его сплавы при конкретных параметрах».

Теоретическая модель Аракчеева прошла экспериментальную проверку в Германии на установках JUDITH и PSI-2, а также в ИЯФ СО РАН на открытой магнитной ловушке\* ГОЛ-3. Результаты исследований по облучению вольфрама плазменным потоком подтвердили перспективность предложенного теоретического подхода.

Сейчас ученые сосредоточились на создании более совершенных методов изучения состояния материалов под тепловой нагрузкой. К работе подключились сотрудники лабораторий ИЯФ, работающие с синхротронным излучением на ускорителях института. С их помощью физики надеются получить данные о деформации материала по рассеянию рентгеновского излучения во время облучения.

По материалам пресс-службы  
Института ядерной физики им.Г.И.Будкера СО РАН

## Астрономия

### Mini-MegaTORTORA начала «охоту» за гамма-всплесками

В Казанском (Приволжском) федеральном университете (КФУ) начал действовать не имеющий мировых аналогов астрономический оптический комплекс Mini-MegaTORTORA (Telescopio Ottimizzato per la Ricerca dei Transienti Ottici Rapidi) — новый представитель серии телескопов для обнаружения быстрых транзиентов в оптическом диапазоне. Над его созданием работали ученые КФУ, Специальной астрофизической обсерватории (САО) РАН (пос.Нижний Архыз, Карачаево-Черкесская Республика) и ООО «Параллак» (Москва). В настоящее время комплекс установлен вблизи 6-метрового Большого телескопа азимутального САО РАН, однако контроль за наблюдениями может проводиться в режиме удаленного доступа из Межкафедрального образовательно-научного центра космических исследований и технологий — Астрономичес-

\* Открытая магнитная ловушка — разновидность магнитных ловушек для удержания термоядерной плазмы в определенном объеме пространства, ограниченном в направлении вдоль магнитного поля. Для таких систем характерна линейная геометрия, причем силовые линии магнитного поля пересекают торцевые поверхности плазмы. С последним обстоятельством и связано происхождение термина «открытая ловушка» — они «открыты» с торцов.

кой обсерватории им.В.П.Энгельгардта Института физики КФУ, что делает его доступным для использования в образовательной и научной деятельности университета.

Как следует из названия, главная задача системы — обнаружение и наблюдение быстропротекающих астрономических процессов в нестационарных объектах разных видов: от метеоров в земной атмосфере и переменных звезд в Галактике до далеких гамма-всплесков. Несмотря на важность всего комплекса астрономических задач, которые могут быть решены с помощью Mini-MegaTORTORA, особый интерес представляет возможность наблюдения гамма-всплесков в оптическом диапазоне. Гамма-всплески — мощнейшие и до сих пор во многом загадочные выбросы энергии, происходящие в момент гибели и коллапса массивных ядер звезд. Помимо яркого излучения в гамма-диапазоне, эти астрофизические явления часто сопровождаются оптическими вспышками, зафиксировать которые из-за кратковременности события чрезвычайно трудно. Чтобы успеть зарегистрировать их, необходимо вести постоянный мониторинг неба с большим полем зрения и высоким временным разрешением. Такие характеристики и стали главной изюминкой системы Mini-MegaTORTORA, которую кратко называют ММТ (многоканальным мониторинговым телескопом).

ММТ представляет собой комплекс из девяти небольших (диаметром около 7 см) телескопов, позволяющих охватывать область на небесной сфере с общим полем зрения около 900 кв. град. и фиксировать динамику наблюдаемого события с временным разрешением 0.1 с. Телескоп аккумулирует информацию о стационарных и транзитных (во времени и пространстве) источниках оптического излучения, локализованных на небесной полусфере (20 000 кв. град.), с яркостью до 17.5 звездной величины. Снабженный чувствительными и быстродействующими приемниками излучения и светофильтрами, комплекс объединен в единую автоматизированную систему на основе IT-центра. В задачи последнего входит не только управление телескопом, но и автоматическая обработка и анализ получаемой информации в режиме реального времени.

Анализируя данные собственной метеостанции, ММТ способен сам принять решение о старте наблюдений, выбрать оптимальный участок неба и начать его изучение. Девять каналов комплекса направлены на близкие, слегка перекрывающиеся области неба площадью около 100 кв. град. каждая. Через некоторое время зона мониторинга меняется. Таким образом, за одну наблюдательную ночь ММТ может просканировать всю небесную полусферу, видимую с места наблюдения, полтора раза. Помимо обнаружения и исследования быстропротекающих процессов известной и неизвестной заранее природы в ближнем и дальнем космосе, телескоп может отслеживать приближение

к Земле метеоритов, астероидов, комет и других небесных тел, угрожающих нашей цивилизации.

Тестовые испытания продемонстрировали высокую эффективность системы. В январе 2015 г. объективы ММТ, сориентированные на комету C/2014 Q2 (Лавджоя) и астероид (357439) 2004 BL86, следили за их полетом в течение 60 и 90 мин соответственно, показав способность вести наблюдения параллельно в трех полосах спектра. Выполнен ряд спутниковых и метеорных наблюдений. Система с большой точностью может определять траектории спутников Земли и исследовать свойства космического мусора (более 20 тыс. остатков космических аппаратов, обращающихся вокруг нашей планеты). В дальнейшем специалисты планируют усовершенствовать программное обеспечение ММТ и установить аналогичные комплексы в других пунктах наблюдательных баз.

© Нефедьев Ю.А.,

доктор физико-математических наук  
Астрономическая обсерватория им.В.П.Энгельгардта  
Института физики КФУ  
Казань

## Астрономия

### Источники лунной воды — астероиды

С начала полетов космических аппаратов на Луну и до недавнего времени естественный спутник Земли считался очень сухим телом, что подтверждали исследования образцов его грунта. Но миссии последних лет показали: в некоторых местах вода или гидроксил существуют в значительных количествах в приповерхностных слоях Луны. Наибольшие концентрации обнаружены в приполярных районах в холодных ловушках — кратерах, дно которых никогда не освещается солнцем.

Вода может образовываться на Луне при взаимодействии протонов солнечного ветра с кислородом, содержащимся в веществе самого спутника, и мигрировать к полюсам. Другой возможный ее источник — кометы, содержание воды в которых очень велико. Но при ударах комет, даже с небольшими скоростями, воды в кратере остается крайне мало. Она испаряется: большая часть пара улетает в космос, а оставшаяся меньшая часть, образуя временную атмосферу, постепенно распространяется по поверхности. Осесть в холодных ловушках могут лишь доли процента от всей воды, содержащейся в комете, но при многочисленных ударах этого достаточно, чтобы объяснить ее наличие вблизи полюсов Луны. Однако почему в похожих кратерах около полюсов специалисты наблюдают разные концентрации воды и почему признаки воды или гидроксила обнаруживают также в освещенных солнцем районах?

Астероиды падают на Луну значительно чаще, чем кометы, и, кроме того, каменные тела (такие, как углистые хондриты) могут содержать по массе

до 20% воды в связанном и свободном состояниях. Сотрудники Института динамики геосфер РАН и Московского физико-технического института (государственного университета) провели компьютерное моделирование ударов астероидов по Луне с различными скоростями и разными углами падения\*. Оно показало, что при скоростях ударов ниже 10–12 км/с существенная часть каменного тела остается в кратере в твердом состоянии и нагревается до температур ниже 1000 К. Так, при ударе астероида со скоростью 8 км/с 30–40% его массы остается в виде мелких фрагментов на дне кратера. При этом больше половины фрагментов нагреваются до относительно низких температур, при которых не происходит потерь связанной воды из гидратированных минералов, входящих в состав астероида. Один большой астероид диаметром 2 км может доставить на Луну больше воды, чем все кометы, упавшие за миллиард лет.

Оценки, основанные на астрономических наблюдениях, показывают, что 10–20% падающих на Луну астероидов содержат воду и 15–25% ударов астероидов происходят со скоростями менее 10–12 км/с. Таким образом, около 3% кратеров, образованных на Луне ударами астероидов, вероятно, имеют воду в различных концентрациях. Оказывается, вода на Луне удерживается не только в холодных ловушках вблизи полюсов, но и в кратерах на освещенных солнцем местах. Возможно, при создании лунных баз в будущем космонавты смогут использовать эти кратеры в качестве необходимого источника воды.

**Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 13-05-00694-а).**

© Светцов В.В., Шувалов В.В.,

доктора физико-математических наук  
Институт динамики геосфер РАН  
Московский физико-технический институт  
(государственный университет)

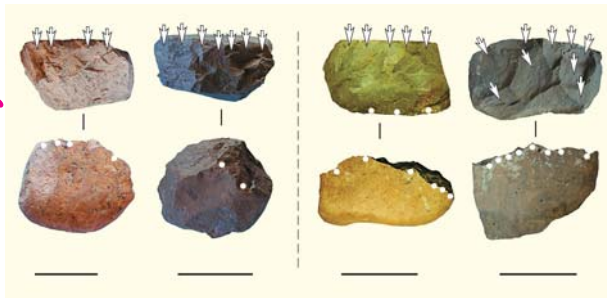
## Палеоантропология

### В Кении обнаружены древнейшие орудия труда человека

Международная группа исследователей из 14 научных лабораторий США, Франции и Кении, работающая в рамках проекта WTAP (West Turkana Archaeological Project), обнаружила на западном берегу оз.Туркана (Кения), на стоянке Ломекви-3, около полутора сотен орудий из камня. Палеомагнитным методом, широко применяемым в археологии для датирования горных пород с помощью выявления остаточной намагниченности ми-

\* Svetsov V, Shuvalov V. Water delivery to the Moon by asteroidal and cometary impacts // Planetary and Space Science. 2015. doi:10.1016/j.pss.2015.09.011





Каменные орудия из Ломекви-3 (слева) и артефакты, имитирующие технику скальвания (справа). И те и другие выполнены с помощью ударов заготовки о неподвижный камень. Белые точки и стрелки — места и направления ударов при оббивке камня. Масса камней из Ломекви-3 (слева направо): 3.45, 2.58, 4.20 и 2.23 кг. Длина масштабной линейки 10 см. Фото из статьи в «Nature».

нералов, ученые установили, что они изготовлены 3.3 млн лет назад — за 500 тыс. лет до появления *Homo habilis* (человека умелого)\*.

Самые ранние из известных орудий труда, выявленные на территории современной Эфиопии в местечке Гона, имеют возраст около 2.6 млн лет. Эти инструменты принадлежали к так называемой олдувайской (галечной) культуре, исчезнувшей примерно 1 млн лет назад. Ее носители получали острые режущие края камня наиболее примитивным способом, раскалывая его на две части, без какой-либо дополнительной доработки.

Новое местонахождение орудий группа археологов во главе с С.Харманд из Университета Стоуни-Брук в Нью-Йорке (США) обнаружила в 2011 г. неподалеку от района, где в 1998 г. нашли останки кениантропа (*Kenyanthropus platyops*). Раскопки начались незамедлительно. Каменные образцы лежали в разных слоях грунта: большая часть (120 артефактов) — на поверхности склона, 29 экземпляров — чуть глубже. Из-под земли удалось извлечь так называемые ядра — первичные камни, от которых отбивали острые инструменты, и наковальни, использовавшиеся для опор при последующей обработке материала.

Исследователи полагают, что орудия сработаны с помощью ударов каменной заготовкой о твердые поверхности (пассивная оббивка), а также отбойников. При общем разнообразии и многофункциональности изготовители еще не обладали навыками точных ударов. В целом камни обработаны менее искусно, и к тому же они в 3–4 раза больше и массивнее, чем инструменты олдувайской культуры.

Ученые заявляют: данная находка «открывает новую страницу в археологии». По их мнению, инструменты могли сделать предки *H.habilis*. Какие

именно, археологи пока точно сказать не могут, однако предполагают, что орудия принадлежали кениантропам — представителям вымершего рода гоминид, живших, согласно более ранним находкам, в плиоцене, около 3.2–3.5 млн лет назад, на берегу оз.Туркана. При этом не исключено, что инструменты могли изготовить и другие, еще неизвестные науке гоминиды.

Анализ углеродных изотопов в почве и найденных на этом же участке остатков животных позволил реконструировать облик древнего мира. Это привело к новому сюрпризу: оказалось, в те времена здесь росли кустарники и деревья.

До этого ученые считали, что способность создавать более совершенные инструменты появилась в ответ на изменения климата, которые привели к сокращению лесов и расширению саванн. Простейшие каменные резак в таких условиях, вероятно, помогали древним людям добывать пищу, отделяя мясо с остовов животных. Участники кенийской экспедиции предполагают, что найденные каменные инструменты могли также использоваться для вскрытия орехов или клубней, разламывания упавших деревьев и извлечения из ствола насекомых, а возможно, и для иных целей, которые пока не удалось определить.

Nature. 2015. Doi:10.1038/nature14464

## Палеонтология

### Ихтиозавры Русского Севера

Ихтиозавры — группа морских рептилий, появившаяся в раннем триасе и исчезнувшая в начале позднемеловой эпохи, просуществовав таким образом около 150 млн лет. Долгое время считалось, что позднетриасовые ихтиозавры не отличаются высоким разнообразием, некоторые исследователи настаивали даже на существовании только пяти-шести родов. Однако в последние годы появились «свежие» данные: палеонтологи обнаружили представителей новых родов ихтиозавров в полярных широтах Северной Канады (*Artbropterygius* Maxwell, 2010) и Норвегии (*Cryopterygius*, *Palvennia* Druckenmiller et al., 2012 и *Janusaurus* Roberts et al., 2014). Большой интерес вызывают также находки морских рептилий, происходящие из волжского яруса отложений Республики Коми и Ненецкого автономного округа\*.

Еще в середине прошлого века выдающийся советский геолог и палеонтолог В.В.Меннер обнаружил в Коми части скелета ихтиозавра, хранящегося сейчас в фондах Государственного геологического музея им.В.И.Вернадского РАН. Эта форма по ряду морфологических особенностей поразительно схожа с новым ихтиозавром из Арктичес-

\* Harmand S., Lewis J.E., Feibel C.S. et al. 3.3-million-year-old stone tools from Lomekwi 3, West Turkana, Kenya // Nature. 2015. V.521. P.310–315.

\* Zverkov N.G., Arkhangelsky M.S., Pardo Perez J.M., Beznosov P.A. On the Upper Jurassic Ichthyosaur remains from the Russian North // Proceedings of the Zoological Institute RAS. 2015. V.319. №1. P.81–97.



Артроптеригиус (*Arthropterygius*), охотящийся среди айсбергов. Реконструкция А.А.Агучина.

кой Канады, принадлежавшем к роду артроптеригиус (*Arthropterygius*), поэтому обнаруженные Меннером остатки животного следует считать третьим по счету экземпляром артроптеригиуса в мире. Ранее представители этого рода встречались только в высокоширотных областях волжского (титонского) яруса: на о.Мелвилл в Арктической Канаде и в аргентинской провинции Неукен.

Ископаемые остатки второго нового на Русском Севере ихтиозавра — неполный ласт офтальмосаура (*Ophthalmosaurus*) — обнаружил в 2013 г. на территории Заполярного р-на Ненецкого автономного округа научный сотрудник лаборатории палеонтологии Института геологии Коми научного центра УрО РАН П.А.Безносков. «Русский» офтальмосаур стал самым северным представителем этого рода в мире.

Изученные материалы, наряду с находками из Шпицбергена, Северной Канады и Аргентины, позволили предварительно наметить пути расселения ихтиозавров в позднеюрскую эпоху. Можно предложить несколько сценариев распространения морских рептилий, однако наиболее вероятен вариант миграций артроптеригиусов вдоль восточного побережья Палеотихого океана, при этом в Русское море они попадали с севера, проплывая Канаду и Шпицберген. В пользу такой гипотезы говорит отсутствие представителей *Arthropterygius* в верхнеюрских отложениях Западной Европы. Офтальмосауры же, в изобилии встречающиеся в Англии и США, могли попасть в Русское море как с запада, через Брестский пролив, так и с севера, через Мезенско-Печерский пролив.

«Полярные» ихтиозавры не торопятся открывать своих секретов, поэтому многое об этих удивительных рептилиях нам еще предстоит узнать. Весьма вероятно, что наши арктические земли скрывают десятки скелетов морских животных мезозоя.

© Зверьков Н.Г.

Московский государственный университет  
им.М.В.Ломоносова

## Палеоихтиология

### Пресноводные рыбы из неогена Приуралья

В собрании Геологического музея Казанского (Приволжского) федерального университета обнаружены остатки пресноводных рыб, представленные в основном целыми скелетами, обломками черепов и отдельными черепными костями, которые заключены в темно-коричневые или почти черные конкреции. Коллекция включает двусторонние отпечатки скелетов и остатки, сохранившие костное вещество. Все кости фоссилизованы и окрашены в темные тона разного оттенка. Сохранность образцов такова, что для карповых рыб в ряде случаев можно установить форму глоточных костей и восстановить зубную формулу.

Материал собрал в первой половине XIX в. выдающийся геолог и палеонтолог П.И.Кротов, однако какие-либо сведения о коллекции в публикациях отсутствуют. До наших дней остатки сохранились в полевой упаковке и снабжены этикетками, на некоторых образцах проставлены тушью номера. Согласно этикеткам, сборы рыб проходили в бассейнах рек Белая и Вятка.

Определить возраст фауны рыб весьма сложно. Вероятнее всего конкреции с их остатками происходят из «рудной толщи» Вятско-Камского бассейна, накопление которой связано с плиоценом (эпоха неогенового периода, 2—5 млн лет назад).

В коллекции, представляющей наиболее северную из известных сейчас восточно-европейских плиоценовых ихтиофаун, выявлены пять видов из пяти родов, семейств и отрядов: *Esox* (*Esoxiformes*, *Esocidae*), *Abramis* (*Cypriniformes*, *Cyprinidae*), *Silurus* (*Siluriformes*, *Siluridae*), *Perca* (*Perciformes*, *Percidae*), *Alosa* (*Clupeiformes*, *Alosinae*). Первые четыре рода — обитатели озер и медленно текущих рек. Между тем сопутствующий им представитель *Alosa* близок к морскому акачагыльскому виду *A.praecursor* (*Bogachev*) и современному проходному *A.Kessleri kessleri* (*Grimm*), заходящему для размножения из Каспийского моря в Волгу до Камы. Эта близость указывает на связь древнего пресноводного бассейна с морем. Присутствие вместе с остатками рыб крупной раковины беззубки (*Unio* ? sp.) — индикатора чистой проточной воды — подтверждает вывод, что исследованная ихтиофауна, очевидно, обитала в озерном проточном бассейне в условиях умеренного климата. Описанный комплекс плиоценовых рыб в родовом отношении практически не отличается от современной ихтиофауны Вятско-Камского бассейна.

© Сычевская Е.К.,

доктор биологических наук

Палеонтологический институт им.А.А.Борисяка РАН  
Москва

# Выдающийся географ-эволюционист

*Памяти Андрея Алексеевича Величко*

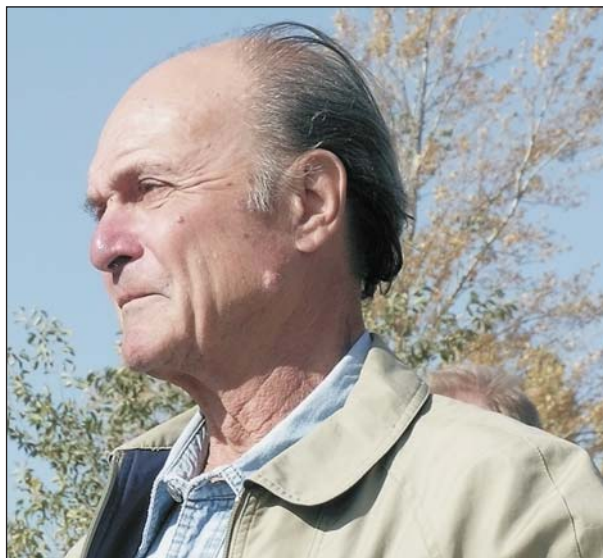
11 ноября 2015 г. ушел из жизни Андрей Алексеевич Величко. Доктор географических наук, профессор, ведущий ученый-палеогеограф нашей страны и мира — он был постоянным автором «Природы» и более 30 лет входил в состав ее редакционной коллегии.

Научную жизнь Андрей Алексеевич посвятил решению сложных проблем палеогеографии позднего кайнозоя: от стратиграфии ледниковой и перигляциальной зон до реконструкции палеоклиматических событий и их отражения в изменениях ландшафтов земной поверхности.

В 1953 г. А.А.Величко окончил географический факультет Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова, и с той поры вся его жизнь была связана с Институтом географии. Здесь в 1957 г. он защитил кандидатскую диссертацию, в 1969 г. стал доктором наук. В 1971 г. Величко создал отдел палеогеографии, который с 1991 г. стал называться лабораторией эволюционной географии, и до конца своих дней возглавлял это подразделение.

Под руководством Андрея Алексеевича выполнены реконструкции природы и климата всего Северного полушария за последние 130 тыс. лет, давшие ключевой материал для построения климатических сценариев на XXI в. при возможном антропогенном потеплении. Эти результаты приведены в серии палеогеографических атласов-монографий, содержащих обширную информацию по истории развития природы в позднем кайнозое. Особое место в исследованиях Андрея Алексеевича занимали вопросы взаимодействия природной среды и человека. Величко предложил модель первичного расселения на протяжении всех этапов развития первобытного общества. Основанная им школа эволюционной географии принадлежит к числу ведущих научных школ России. Он написал более 400 научных работ, в которых всегда придерживался эволюционного подхода ко всем природным феноменам и явлениям. Книга «Природный процесс в плейстоцене» (1973) стала настольной для нескольких поколений географов.

Многие годы Величко возглавлял комиссию по палеогеографическим атласам Международного союза по изучению четвертичного периода (International Union for Quaternary Research), был его вице-президентом. Входил в состав редколлегий нескольких российских и международных журна-



Андрей Алексеевич Величко  
(27 июня 1931 г. — 11 ноября 2015 г.)

лов, в числе которых «Известия РАН. Серия географическая», «Quaternary International», «Quaternary Research» и др. С 2002 г. был членом Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC), в составе которой в 2007 г. получил Нобелевскую премию мира.

Андрей Алексеевич — организатор и участник крупных отечественных совещаний и международных конгрессов. Он удостоен многих государственных и научных наград и премий, в том числе ордена «Знак почета», премий Президиума РАН им.А.П.Виноградова и А.А.Григорьева. Был почетным членом Русского географического общества (РГО) и географических обществ ряда других стран. В 2014 г. награжден Большой золотой медалью РГО за вклад в развитие географии, а также за активную работу в Международном географическом союзе.

Андрей Алексеевич Величко оставил после себя известную научную школу. Он воспитал много учеников, продолжающих его дело. Он прожил долгую и насыщенную жизнь, целиком реализовал себя в искренне любимой им отрасли науки. Это был великодушный и отзывчивый человек. Мы глубоко сожалеем о его уходе и гордимся тем, что Андрей Алексеевич долгие годы был с нами.



# Тематический указатель за 2015 год

## ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Геометрия и топология

Хаос и порядок: фрактальный мир. **Чернова Е.В.** 5 34

### Астрометрия и небесная механика

Укрошение астероидов: как управлять их движением.

**Эйсмонт Н.А., Ледков А.А., Назиров Р.Р.** 9 57

### Астрофизика и звездная астрономия

Mini-MegaTORTORA начала «охоту»

за гамма-всплесками\*. **Нефедьев Ю.А.** 12 84

Всплеск метеорного потока кометы 209P (LINEAR)

в 2014 году. **Маслов М.П.** 1 56

Две ближайшие сверхновые. **Чуразов Е.М.** 9 18

Как сверхновые стали основой наблюдательной

космологии. **Пружинская М.В., Лисаков С.М.** 12 36

Магнитный «мотор» сверхновых.

**Бисноватый-Коган Г.С., Моисеенко С.Г.** 9 25

Обзор неба в рентгеновских лучах\*. **Семена Н.П.** 10 91

Первый внегалактический мазер:

взгляд с «Радиоастрона»\* 10 91

«Радиоастрон» заглянул в центр нашей Галактики\*

Самые большие магниты. **Соколов Д.Д.** 7 3

Система противодействия космическим угрозам\*.

**Нароенков С.А.** 7 87

Университетская астрономия: новый старт.

**Садовничий В.А., Черепашук А.М.** 3 3

### Физика Солнца

Новости о солнечном ветре. **Застенкер Г.Н.** 9 40

### Планетные исследования

Арктика. Космическая погода.

**Зеленый Л.М., Петрукович А.А.** 9 31

Водные ресурсы Марса на карте\*

Загадки криосферы Венеры\*. **Беляев Д.А.** 6 90

Источники лунной воды — астероиды\*.

**Светцов В.В., Шувалов В.В.** 12 85

Луна — от исследований к освоению.

**Зеленый Л.М., Митрофанов И.Г.** 9 66

Метан на Марсе — это жизнь? **Кораблев О.И.** 9 74

ПОИСК ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ 12 44

Парадокс Ферми в контексте текущей ситуации.

**Родкин М.В.** 12 44

Сто лет одиночества? **Бялко А.В.** 12 47

Российский прибор ДАН обнаружил «оазис» на Марсе\*

Удивительный и непознанный мир Венеры.

**Засова Л.В.** 10 11

### Физика конденсированного состояния

Еще раз о скольжении по вакууму. **Волокитин А.И.** 4 22

## Физика плазмы

Арктика. Космическая погода.

**Зеленый Л.М., Петрукович А.А.** 9 31

Как быстро распознать деформацию материала

первой стенки реактора?\*

12 83

Новости о солнечном ветре.

**Застенкер Г.Н.** 9 40

Пыль и пылевая плазма в Солнечной системе.

**Попель С.И.** 9 48

Термоядерная энергетика: 60 лет исследований.

Что дальше? **Стрелков В.С.** 8 3

Шаг к разгадке тайны шаровой молнии\*

7 87

### Физика полупроводников

Лауреаты Нобелевской премии 2014 года.

По физике — И.Акасаки, Х.Аmano, С.Накамура.

**Туркин А.Н., Юнович А.Э.** 1 75

**Физика атомного ядра и элементарных частиц**

В ЦЕРНе измерили энергию связи в антиядрах\*

11 91

## ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Органическая химия

Фотоактивные супрамолекулярные устройства

и машины. **Громов С.П.** 12 3

### Физическая химия

Лауреаты Нобелевской премии 2014 года.

По химии — Ш.Хельм, У.Мернер, Э.Бетциг.

**Незлин Л.П.** 1 82

**Высокомолекулярные соединения**

Зависят ли свойства полимеров от их объема?

**Вольнский А.Л.** 2 3

**Биоорганическая химия**

Наночастицы золота «управляют» упаковкой ДНК.

**Евдокимов Ю.М.** 4 13

**Коллоидная химия**

Конкурентная сорбция как метод дезактивации

природной среды\*. **Поляков Е.В.** 7 88

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Радиобиология

Радиационные повреждения в криомикроскопии:

всегда ли во вред? **Печникова Е.В.,**

**Кирпичников М.П., Соколова О.С.** 3 25

### Биофизика

Динамические микротрубочки:

от экспериментов к моделям. **Гудимчук Н.Б.,**

**Захаров П.Н., Ульянов Е.В., Атауллаханов Ф.И.** 10 3

**Молекулярная биология**

Маленькая люцифераза с большим будущим\*.

**Маркова С.В.** 6 92

Знаком \* отмечены материалы, опубликованные в разделе «Новости науки».

## Биохимия

Где они — лекарства из пептидов?

**Каменский А.А., Сергеев И.Ю.** 4 29

Ингибитор из кукурузы на страже свертывания крови.

**Корнеева В.А.** 2 31

### Физиология и биохимия растений

Загадка симбиотической мембраны. **Измайлов С.Ф.** 6 12

### Биотехнология (в том числе бионанотехнологии)

Как напечатать цитовидную железу. **Кудан Е.В.,**

**Гладкая И.С., Буланова Е.А., Хесуани Ю.Дж.,**

**Миронов В.А.** 2 56

### Молекулярная генетика

В поисках начала эволюции. **Марков А.В.** 1 3

Мир микробов и человек. **Суворов А.Н.** 5 11

Создание хромосомной теории наследственности.

К 100-летию публикации монографии

«Механизм менделевской наследственности».

**Музрукова Е.Б., Фандо Р.А.** 7 79

### Биоинженерия

ЕЩЕ РАЗ О ГМО 3 91

Трансгенные растения — бомбы замедленного действия или спасители планеты?

**Скорлупкина Н.Н.** 3 91

Вопреки мнению научного сообщества.

**Панчин А.Ю.** 3 94

### Математическая биология, биоинформатика

ACSN — глобальный атлас сигнальных путей.

**Кондратова М.С., Зиновьев А.Ю., Куперштейн И.Н.** 3 15

Геномы и геология. **Гельфанд М.С.** 12 23

Одуроченные макрофаги: как раковые клетки

обманывают иммунитет. **Кондратова М.С.** 11 3

### Общая биология

Почему мы их так называем: таксономическая теория

и номенклатура. **Павлинов И.Я.** 12 28

### Вирусология

«Конечно, будем знать».

К 150-летию со дня рождения Дмитрия Иосифовича

Ивановского. **Гапон Д.А.** 2 77

Природа патогенности вирусов. **Агол В.И.** 5 3

Эпидемия лихорадки Эбола: возможные причины

и меры борьбы. **Нетёсов С.В.** 4 3

### Микробиология

Мир микробов и человек. **Суворов А.Н.** 5 11

Эволюционное значение хищников.

**Северцов А.С., Шубкина А.В.** 6 18

### Зоология

Арахнологи спорят, ошибаются, шутят. **Михайлов К.Г.** 12 71

Асимметрия социального поведения: левый глаз —

правое полушарие. **Каренина К.А., Гилёв А.Н.** 12 10

В степях Восточной Монголии. **Бобров В.В.** 6 53

Зарождение жизни и животных. **Хлебович В.В.** 6 69

Когда, где и зачем поют самки птиц.

**Бёме И.Р., Горецкая М.Я.** 7 12

Обнаружены нервы в половых органах пауков\*.

**Михайлов К.Г.** 10 93

Птицы древнего Херсонеса на мозаиках и фресках

византийского времени. **Цвелых А.Н.** 8 21

Шалашники — строители и коллекционеры. **Панов Е.Н.** 10 34

Эволюционное значение хищников.

**Северцов А.С., Шубкина А.В.** 6 18

## Энтомология

Гармония в Москве\*. **Захаров И.А.** 11 92

Затерянный Мадагаскар. **Гнездилов В.М.** 10 46

Насекомые в палеозое: этапы большого пути.

**Аристов Д.С., Расницын А.П.** 5 65

Насекомые и бионика: загадки зрительного аппарата.

**Сергеев А.В., Благодатский А.С.** 1 22

Стратегии эволюционного успеха насекомых.

**Расницын А.П.** 2 14

### Генетика

Генетика и призрак Лысенко. **Голубовский М.Д.** 6 81

Гены против пьянства. **Ким А.А., Боринская С.А.** 3 50

### Экология

Байкал под антропогенным воздействием\*. **Зилов Е.А.** 8 89

В степях Восточной Монголии. **Бобров В.В.** 6 53

Гармония в Москве\*. **Захаров И.А.** 11 92

Гидрохимический режим Азовского моря:

компьютерные эксперименты. **Ильичев В.Г.,**

**Дашкевич Л.В.** 12 18

Зарождение жизни и животных. **Хлебович В.В.** 6 69

Затерянный Мадагаскар. **Гнездилов В.М.** 10 46

Крупные животные Арктики: сколько их осталось?

**Гуков А.Ю.** 4 58

Проверка качества воды светом\*.

**Булычева Е.В., Короткова Е.И.** 10 92

Сорбент торфяной для ликвидации аварийных

разливов нефти\*. **Алексеева Т.П., Бурмистрова Т.И.,**

**Сысоева Л.Н., Трунова Н.М.** 6 93

Эволюционные процессы в современной биосфере.

**Моиссенко Т.И.** 10 21

### Гидробиология

Мир морских озер. **Стрелков П.П.** 8 12

Сказались ли изменения климата на биоте

тундровых озер?\* **Фефилова Е.Б., Батурина М.А.** 8 88

### Почвоведение

Конкреции в почвах Дальнего Востока.

**Росликова В.И.** 5 28

### Физиология

Где они — лекарства из пептидов?

**Каменский А.А., Сергеев И.Ю.** 4 29

Эволюционное значение хищников.

**Северцов А.С., Шубкина А.В.** 6 18

### Антропология

Антропологические открытия на Алтае\* 5 87

Антропологическое исследование черепа последнего

Инки. **Васильев С.В., Веселовская Е.В., Пестряков А.П.** 1 42

В Кении обнаружены древнейшие орудия

труда человека\*. 12 85

«Европейский папуас», или «человек мира»:

мужчина с Маркиной горы. **Дробышевский С.В.** 2 38

Меняется ли внешний облик человека? **Година Е.З.** 5 20

Портретная реконструкция С.П.Крашенинникова:

история создания. **Веселовская Е.В., Хартанович М.В.** 6 46

### Иммунология

Одуроченные макрофаги: как раковые клетки

обманывают иммунитет. **Кондратова М.С.** 11 3

### Клеточная биология, цитология, гистология

Как напечатать цитовидную железу. **Кудан Е.В.,**

**Гладкая И.С., Буланова Е.А., Хесуани Ю.Дж.,**

**Миронов В.А.** 2 56

## Биология развития, эмбриология

Перспективы репродуктивной медицины.

**Амстиславский С.Я., Кожевникова В.В.,**

**Казак Е.А., Рожкова И.Н.** 11 37

Эмбрионы и артериальная гипертензия.

**Амстиславский С.Я., Рагаева Д.С.,**

**Брусенцев Е.Ю., Игонина Т.Н.** 3 30

## Нейробиология

Аниматы: от нейробиологии до робототехники.

**Мухина И.В., Пимашкин А.С., Казанцев В.Б.** 6 37

Лауреаты Нобелевской премии 2014 года.

По физиологии или медицине — Дж.О'Киф,

М.-Б.Мозер, Э.Мозер. **Балабан П.М.** 1 89

Нобель vs Шнобель, или механизмы

магнитоцепции. **Никельшпарг Э.И.** 4 88

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Энергоустановки на основе

### возобновляемых видов энергии

Экономичные топливные элементы для автономных

энергоустановок\*. **Соловьев А.А.** 5 86

### Порошковая металлургия

### и композиционные материалы

Стеклометаллокомпозит для подводного аппарата\*.

**Пикуль В.В.** 7 89

### Твердотельная электроника, радиоэлектронные

### компоненты, микро- и нанoeлектроника,

### приборы на квантовых эффектах

Нанoeлектроника и радиация. **Александров П.А.,**

**Жук В.И., Литвинов В.Л.** 1 14

## ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

### История науки и техники

А.А.Булавкина-Ончукова: экспедиция длиною в жизнь.

**Кин Н.О., Савинова Т.Н.** 2 89

### АЛЕКСЕЙ ИВАНОВИЧ АБРИКОСОВ

К 140-летию со дня рождения

и 60-летию со дня смерти<sup>1</sup>

40 лет. **Абрикосов А.И.** 10 68

Письма А.И.Абрикосова. 1936 год

10 80

Александр Оглобин, русский акридолог в Аргентине.

**Мартинес А., Федотова А.А.** 12 60

Письма А.А.Оглобина к Б.П.Уварову

12 64

Арахнологи спорят, ошибаются, шутят. **Михайлов К.Г.** 12 71

Библиотека на Аптекарском острове.

К 125-летию Института экспериментальной медицины.

**Голиков Ю.П., Сысуев В.М.** 1 68

Большой взрыв сэра Фреда Хойла.

К 100-летию со дня рождения. **Сурдин В.Г.** 6 72

В.П.Амалицкий и А.П.Амалицкая:

у истоков палеонтологии позвоночных в России.

**Сенников А.Г., Сенникова Е.А.** 8 74

ИКИ РАН — вчера, сегодня, завтра. **Зайцев Ю.И.** 9 5

Как сверхновые стали основой наблюдательной

космологии. **Пружинская М.В., Лисаков С.М.** 12 36

Китайский вариант. **Федоров П.П., Попов А.И.** 2 72

«Конечно, будем знать». К 150-летию со дня рождения

Дмитрия Иосифовича Ивановского. **Гапон Д.А.** 2 77

Курьезы с размерами: корова Стеллера

и другие примеры. **Быкасов В.Е.** 4 70

ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ 2014 ГОДА 1 75

По физике — И.Акасаки, Х.Аmano, С.Накамура.

**Туркин А.Н., Юнович А.Э.** 1 75

По химии — Ш.Хелль, У.Мернер, Э.Бетциг.

**Незлин Л.П.** 1 82

По физиологии или медицине —

Дж.О'Киф, М.-Б.Мозер, Э.Мозер. **Балабан П.М.** 1 89

Мария Шишацкая в Париже.

К биографии М.В.Павловой. **Любина Г.И.** 3 73

Обыкновенная гага, ее святой покровитель

и трансформации информации. **Горяшко Н.А.** 10 57

Оптимистическое предисловие с нотами пессимизма.

**Зеленый Л.М.** 9 3

Павловы и Вальдгауеры — переплетение судеб.

**Громова Л.И.** 11 78

Первый «чистый» физик-теоретик в России.

К 125-летию Ю.А.Крутова. **Щербаков Р.Н.** 4 62

Портретная реконструкция С.П.Крашенинникова:

история создания. **Веселовская Е.В., Хартанович М.В.** 6 46

Почему мы их так называем: таксономическая теория

и номенклатура. **Павлинов И.Я.** 12 28

Создание хромосомной теории наследственности.

К 100-летию публикации монографии

«Механизм менделевской наследственности».

**Музрукова Е.Б., Фандо Р.А.** 7 79

Труд жизни великого биолога. Взгляд на Н.К.Кольцова

из XXI века. **Раменский Е.В.** 12 78

Николай Кольцов и молекулярная биология<sup>2</sup>.

**Моранж М.** 12 79

Физика магнетизма Уильяма Гильберта. **Щербаков Р.Н.** 7 69

### Археология

Гребень с охотничьим сюжетом

из Северного Приохотья\*. **Лебединцев А.И.** 10 94

Заверено печатью великого князя\*. **Хохлов А.Н.** 11 93

Загадка катакомб Заячьего полуострова. **Агатова А.Р.,**

**Лужанский Д.В., Родкин М.В., Корженков А.М.** 7 18

Кёнделенские курганы раскрывают тайны\*.

**Клещенко А.А.** 8 90

Кочевой мир Евразии: номады Запада

в конце бронзового века. **Черных Е.Н.** 2 43

Кочевой мир Евразии: номады Запада

на заре эпохи металлов. **Черных Е.Н.** 1 28

Кочевой мир Евразии:

тысячелетие номадов Востока. **Черных Е.Н.** 4 44

Кочевой мир Евразии: феномен скифского мира

в эпоху железа. **Черных Е.Н.** 3 55

Фигурки из камня: загадки древних ительменов.

**Шевцов В.С.** 3 69

## МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

### Клиническая медицина

Радиолокация анализирует сон. **Татараидзе А.Б.,**

**Анищенко Л.Н., Коростовцева Л.С., Алехин М.Д.** 11 60

### Эпидемиология

Эпидемия лихорадки Эбола: возможные причины

и меры борьбы. **Нетёсов С.В.** 4 3

<sup>1</sup> Публикация Н.Ю.Абрикосовой.

<sup>2</sup> Перевод Е.В.Раменского.



## НАУКИ О ЗЕМЛЕ

### Общая и региональная геология

Геологический феномен ураново-редкометалльных месторождений. **Шарков А.А.** 2 21

### Палеонтология и стратиграфия

Букет от мамонта. **Губин С.В., Яшина С.Г.** 7 42

В поисках начала эволюции. **Марков А.В.** 1 3

В.П.Амалицкий и А.П.Амалицкая:

у истоков палеонтологии позвоночных в России.

**Сенников А.Г., Сенникова Е.А.** 8 74

Древний микромир: палеоботаническое открытие.

**Маслова Н.П., Кодрул Т.М.** 8 50

Ихтиозавры Русского Севера\*. **Зверьков Н.Г.** 12 86

Насекомые в палеозое: этапы большого пути.

**Аристов Д.С., Расницын А.П.** 5 65

Пресноводные рыбы из неогена Приуралья\*.

**Сычевская Е.К.** 12 87

Птицы древнего Херсонеса на мозаиках и фресках

византийского времени. **Цвельх А.Н.** 8 21

Стратегии эволюционного успеха насекомых.

**Расницын А.П.** 2 14

Туматский хищник: что показало вскрытие?

**Федоров С.Е., Григорьев С.Е., Гармаева Д.К.,**

**Слепцов И.К.** 10 54

Уникальный мамонт с берега моря Лаптевых.

**Харламова А.С., Машенко Е.Н.** 7 67

Шоколадные глины Северного Прикаспия.

**Свиточ А.А., Макшаев Р.Р.** 5 58

### Геотектоника и геодинамика

Шарьяжно-надвиговой теории — 50 лет.

**Исмаилов Р.А., Фархутдинов И.М.,**

**Фархутдинов А.М., Фархутдинова Л.М.** 12 50

### Петрология, вулканология

Паровая машина вулкана Горелый\*.

**Кулаков И.Ю., Кузнецов П.Ю.** 6 91

### Минералогия, кристаллография

Гуановая республика. **Расцветаева Р.К.** 4 75

Еще раз о кремнях. **Кузнецов В.Г.** 2 68

За драгоценными опалами в пустыню Австралии.

**Поваренных М.Ю., Матвиенко Е.Н., Хаммер В.Ф.** 3 41

Оживший камень. **Щербаков В.В., Чернова Е.В.** 1 64

Почему оксалаты «мокрые», а антипинит «сухой»?

**Расцветаева Р.К., Аксенов С.М.** 11 65

### Литология

Загадочная текстура конус-в-конусе.

**Колокольцев В.Г.** 11 27

### Гидрогеология

Подземные воды России: искусственное восполнение.

**Четверикова А.В.** 10 29

### Геофизика, геофизические методы

#### поисков полезных ископаемых

Древнерусские богатыри против Змея Сейсмоновича.

**Никонов А.А.** 8 33

Загадка катакомб Заячьего полуострова.

**Агатова А.Р., Лужанский Д.В., Родкин М.В.,**

**Корженков А.М.** 7 18

Небывалое бедствие в селе Кашкаранцы.

**Никонов А.А.** 1 51

Цунами в Одессе: природный или рукотворный

феномен? **Никонов А.А., Флейфель Л.Д.** 4 36

## Геотехнология

Как помочь Аральскому морю? **Танклевский М.М.** 5 61

Можно ли сохранить Мертвое море, вливая

в него посторонние воды? **Кауфман Л.Я.** 8 56

### Физическая география и биогеография,

#### география почв и геохимия ландшафтов

Орнитогенные геосистемы островов. **Иванов А.Н.** 8 42

### Экономическая, социальная, политическая

#### и рекреационная география

На островах Токто. **Глушков В.В.** 8 62

На острове Уллындо. **Глушков В.В.** 5 45

### Геоморфология и эволюционная география

Обвальные процессы в высокогорной зоне Кавказа

в XXI веке. **Докукин М.Д., Савернюк Е.А.,**

**Черноморец С.С.** 7 52

### Океанология

Белое море мое. **Политова Н.В., Клювиткин А.А.** 6 60

Нефтяные загрязнения морской поверхности:

взгляд из космоса. **Лаврова О.Ю., Митягина М.И.** 9 83

Одиночные кораллы: питание и морфология.

**Келлер Н.Б.** 2 64

### Физика атмосферы и гидросферы

Еще раз про метан. **Киселев А.А., Кароль И.Л.** 11 9

Серебристым облакам уже 130 лет. **Далин П.А.,**

**Ромейко В.А., Перцев Н.Н., Перминов В.И.** 11 18

Стимулирование осадков. **Галечян Г.А.** 6 3

### Метеорология, климатология, агрометеорология

Атмосферные осадки: химический состав и кислотность.

**Свистов П.Ф., Першина Н.А., Павлова М.Т.** 6 28

### Геоэкология

«Русская Арктика»: первозданная природа

и научный полигон. **Гаврило М.В.** 11 46

Соловецкие острова — природное

и культурное наследие. **Кулешова М.Е.** 7 28

Урочище Жаманаркаш — объект природного наследия.

**Павлейчик В.М.** 1 59

## АПРЕЛЬСКИЙ ФАКУЛЬТАТИВ

Гуановая республика. **Расцветаева Р.К.** 4 75

Не верьте красавицам, наркотик приносящим.

**Портнов А.М.** 4 94

Нобель vs Шнобель, или механизмы магниторецепции.

**Никельшпарг Э.И.** 4 88

## ВЕСТИ ИЗ ЭКСПЕДИЦИЙ

Белое море мое. **Политова Н.В., Клювиткин А.А.** 6 60

В степях Восточной Монголии. **Бобров В.В.** 6 53

Затерянный Мадагаскар. **Гнездилов В.М.** 10 46

На островах Токто. **Глушков В.В.** 8 62

На острове Уллындо. **Глушков В.В.** 5 45

Шоколадные глины Северного Прикаспия.

**Свиточ А.А., Макшаев Р.Р.** 5 58

## ВРЕМЕНА И ЛЮДИ

АЛЕКСЕЙ ИВАНОВИЧ АБРИКОСОВ

К 140-летию со дня рождения и 60-летию со дня смерти<sup>1</sup> 10 68

40 лет. **Абрикосов А.И.** 10 70

Письма А.И.Абрикосова. 1936 год 10 80

<sup>1</sup> Публикация Н.Ю.Абрикосовой.

Александр Оглобин, русский акридолог в Аргентине.

- Маргинес А., Федотова А.А.** 12 60  
Письма А.А.Оглобина к Б.П.Уварову 12 64  
Большой взрыв сэра Фреда Хойла. 6 72  
К 100-летию со дня рождения. **Сурдин В.Г.**  
В.П.Амалицкий и А.П.Амалицкая: у истоков  
палеонтологии позвоночных в России. 8 74  
**Сенников А.Г., Сенникова Е.А.** 5 68  
К 70-ЛЕТИЮ ПОБЕДЫ  
«Наука — войне».  
Из воспоминаний К.П.Флоренского 5 68  
Математика в артиллерийском деле.  
Из воспоминаний об А.А.Ляпунове. 5 72  
**Ляпунова Н.А.**  
Страшнее войны ничего нет!  
Из воспоминаний И.С.Даревского 5 75  
Гидробиолог В.В.Кузнецов: вся жизнь  
на передовой. **Смирнов А.В., Хлебович В.В.** 5 80  
Мария Шишацкая в Париже.  
К биографии М.В.Павловой. **Любина Г.И.** 3 73  
Павловы и Вальдгауэры — переплетение судеб.  
**Громова Л.И.** 11 78  
Первый «чистый» физик-теоретик в России.  
К 125-летию Ю.А.Круткова. **Щербаков Р.Н.** 4 62  
Создание хромосомной теории наследственности.  
К 100-летию публикации монографии  
«Механизм менделевской наследственности».  
**Музрукова Е.Б., Фандо Р.А.** 7 79  
Физика магнетизма Уильяма Гильберта. 7 69  
**Щербаков Р.Н.**  
Шарьяжно-надвиговой теории — 50 лет.  
**Исмагилов Р.А., Фархутдинов И.М.,  
Фархутдинов А.М., Фархутдинова Л.М.** 12 50

### ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ

- А.А.Булавкина-Ончукова: экспедиция длиной в жизнь.  
**Кин Н.О., Савинова Т.Н.** 2 89

### ЗАМЕТКИ И НАБЛЮДЕНИЯ

- Оживший камень. **Щербаков В.В., Чернова Е.В.** 1 64  
Урочище Жаманаркаш —  
объект природного наследия. **Павлейчик В.М.** 1 59

### ЛЕКТОРИЙ

- Хаос и порядок: фрактальный мир. **Чернова Е.В.** 5 34

### НАУКА И ОБЩЕСТВО

- Астральные битвы за счет казны.  
**Александров Е.Б.** 11 70  
Генетика и призрак Лысенко. **Голубовский М.Д.** 6 81  
ЕЩЕ РАЗ О ГМО 3 91  
Трансгенные растения — бомбы замедленного  
действия или спасители планеты?  
**Скорлупкина Н.Н.** 3 91  
Вопреки мнению научного сообщества.  
**Панчин А.Ю.** 3 94  
ПОИСК ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ 12 44  
Парадокс Ферми в контексте текущей ситуации.  
**Родкин М.В.** 12 44  
Сто лет одиночества? **Бялко А.В.** 12 47

### НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

- Всплеск метеорного потока кометы 209P (LINEAR)  
в 2014 году. **Маслов М.П.** 1 56  
Гул Земли и паровозный гудок. **Портнов А.М.** 7 63  
Как напечатать щитовидную железу. **Кудан Е.В.,  
Гладкая И.С., Буланова Е.А., Хесуани Ю.Дж.,  
Мионов В.А.** 2 56  
Как помочь Аральскому морю? **Танклевский М.М.** 5 61  
Крупные животные Арктики: сколько их осталось?  
**Гуков А.Ю.** 4 58  
Насекомые в палеозое: этапы большого пути.  
**Аристов Д.С., Расницын А.П.** 5 65  
Одиночные кораллы: питание и морфология.  
**Келлер Н.Б.** 2 64  
Почему оксалаты «мокрые», а антипинит «сухой»?  
**Расцветаева Р.К., Аксенов С.М.** 11 65  
Радиолокация анализирует сон. **Татараидзе А.Б.,  
Анищенко Л.Н., Коростовцева Л.С., Алехин М.Д.** 11 60  
Туматский хищник: что показало вскрытие?  
**Федоров С.Е., Григорьев С.Е., Гармаева Д.К.,  
Слепцов И.К.** 10 54  
Уникальный мамонт с берега моря Лаптевых.  
**Харламова А.С., Мащенко Е.Н.** 7 67  
Фигурки из камня: загадки древних ительменов.  
**Шевцов В.С.** 3 69

### НЕКРОЛОГ

- Выдающийся географ-эволюционист.  
Памяти Андрея Алексеевича Величко 12 88

### НОВЫЕ КНИГИ

2 88; 3 89; 5 93; 7 93; 8 93; 9 94; 10 95

### РЕДАКЦИОННАЯ ПОЧТА

- Прерванная «Династия». **Гельфанд М.С.** 8 85

### РЕЗОНАНС

- Еще раз о кремнях. **Кузнецов В.Г.** 2 68  
Можно ли сохранить Мертвое море,  
вливая в него посторонние воды? **Кауфман Л.Я.** 8 56  
Небывалое бедствие в селе Кашкаранцы.  
**Никонов А.А.** 1 51

### РЕЦЕНЗИИ

- А.Ф.Котс и идеологический музей  
(на кн.: А.Ф.Котс. Собрание сочинений.  
Т.1: Массовый музей и массовый зритель;  
Т.2: История создания Государственного  
Дарвиновского музея). **Михайлов К.Г.** 3 87  
Дело всей жизни (на кн.: В.Б.Караулов.  
Стратиграфия, геологические формации,  
тектоника: Избранные труды). **Комаров В.Н.** 6 94  
Замечательная книга о ярких творениях природы  
(на кн.: Б.З.Кантор. Мир минералов).  
**Куприянова И.И., Соколов С.В.** 3 84  
На земле и в океане (на кн.: Ю.А.Богданов,  
А.Ю.Леин, А.П.Лисицын. Полиметаллические руды  
в рифтах Срединно-Атлантического хребта  
(15–40°с.ш.): Минералогия, геохимия, генезис).  
**Наумов Г.Б.** 8 91

Освоение Сибири: природа и люди (на кн.: М.А.Кречмар. Сибирская книга: История покорения земель и народов сибирских). <b>Михайлов К.Г.</b>	5	89	Российские исследователи Латинской Америки (на кн.: Великие русские экспедиции: хроника путешествий XIX — первой половины XX в. Русские географы в Латинской Америке).		
Профессор Джованни Биньями и его новая книга (на кн.: G.F.Bignami. Imminent science. What remains to be discovered).			<b>Вавилов Ю.Н., Трускинов Э.В., Раменская М.Е.</b>	1	92
<b>Маров М.Я.</b> Раннепермские рифы (на кн.: Уникальные памятники природы — шиханы Тратау и Юрактау).	9	90	Труженики Победы (на кн.: Дорогами победы! Биологи МГУ имени М.В.Ломоносова — фронтовики и труженики тыла Великой Отечественной войны 1941—1945 гг.). <b>Михайлов К.Г.</b>	11	94
<b>Розенберг Г.С., Саксонов С.В., Сенатор С.А.</b>	7	90	<b>ТОЧКА ЗРЕНИЯ</b> Зарождение жизни и животных. <b>Хлебович В.В.</b>	6	69

# Авторский указатель за 2015 год

<b>А</b> брикосов А.И.	10	70	Бобров В.В.	6	53	Гладкая И.С. (Кудан Е.В., Буланова Е.А., Хесуани Ю.Дж., Мионов В.А.)	2	56
Агатов А.Р. (Лужанский Д.В., Родкин М.В., Корженков А.М.)*	7	18	Боринская С.А. (Ким А.А.)	3	50	Глушков В.В.	5	45
Агол В.И.	5	3	Брусенцев Е.Ю.				8	62
Аксенов С.М. (Расцветаева Р.К.)	11	65	(Амстиславский С.Я., Рагаева Д.С., Игонина Т.Н.)	3	30	Гнездилов В.М.	10	46
Александров Е.Б.	11	70	Буланова Е.А. (Кудан Е.В., Гладкая И.С., Хесуани Ю.Дж., Мионов В.А.)	2	56	Година Е.З.	5	20
Александров П.А. (Жук В.И., Литвинов В.Л.)	1	14	Бульчева Е.В. (Короткова Е.И.)	10	92	Голиков Ю.П. (Сысуев В.М.)	1	68
Алексеева Т.П. (Бурмистрова Т.И., Сысоева Л.Н., Трунова Н.М.)	6	93	Бурмистрова Т.И. (Алексеева Т.П., Сысоева Л.Н., Трунова Н.М.)	6	93	Голубовский М.Д.	6	81
Алехин М.Д. (Татараидзе А.Б., Анищенко Л.Н., Коростовцева Л.С.)	11	60	Быкасов В.Е.	4	70	Горецкая М.Я. (Бёме И.Р.)	7	12
Амстиславский С.Я. (Кожевникова В.В., Казак Е.А., Рожкова И.Н.)	11	37	Бялко А.В.	12	47	Горяшко Н.А.	10	57
Амстиславский С.Я. (Рагаева Д.С., Брусенцев Е.Ю., Игонина Т.Н.)	3	30	<b>В</b> авилов Ю.Н. (Трускинов Э.В., Раменская М.Е.)	1	92	Григорьев С.Е. (Федоров С.Е., Гармаева Д.К., Слепцов И.К.)	10	54
Анищенко Л.Н. (Татараидзе А.Б., Коростовцева Л.С., Алехин М.Д.)	11	60	Васильев С.В. (Веселовская Е.В., Пестряков А.П.)	1	42	Громов С.П.	12	3
Аристов Д.С. (Расницын А.П.)	5	65	Веселовская Е.В. (Васильев С.В., Пестряков А.П.)	1	42	Громова Л.И.	11	78
Атауллаханов Ф.И. (Гудимчук Н.Б., Захаров П.Н., Ульянов Е.В.)	10	3	Веселовская Е.В. (Хартанович М.В.)	6	46	Губин С.В. (Яшина С.Г.)	7	42
<b>Б</b> алабан П.М.	1	89	Волокитин А.И.	4	22	Гудимчук Н.Б. (Захаров П.Н., Ульянов Е.В., Атауллаханов Ф.И.)	10	3
Батурина М.А. (Фефилова Е.Б.)	8	88	Вольнский А.Л.	2	3	Гуков А.Ю.	4	58
Беляев Д.А.	6	90	<b>Г</b> аврило М.В.	11	46	<b>Д</b> алин П.А. (Ромейко В.А., Перцев Н.Н., Перминов В.И.)	11	18
Бёме И.Р. (Горецкая М.Я.)	7	12	Галечян Г.А.	6	3	Дашкевич Л.В. (Ильичев В.Г.)	12	18
Бисноватый-Коган Г.С. (Моисеенко С.Г.)	9	25	Гапон Д.А.	2	77	Докукин М.Д. (Савернюк Е.А., Черноморец С.С.)	7	52
Благодатский А.С. (Сергеев А.В.)	1	22	Гармаева Д.К. (Федоров С.Е., Григорьев С.Е., Слепцов И.К.)	10	54	Дробышевский С.В.	2	38
			Гельфанд М.С.	8	85	<b>Е</b> вдокимов Ю.М.	4	13
				12	23	<b>Ж</b> ук В.И. (Александров П.А., Литвинов В.Л.)	1	14
			Гилёв А.Н. (Каренина К.А.)	12	10	<b>З</b> айцев Ю.И.	9	5

\* Здесь и далее в скобках указаны соавторы.



Засова Л.В.	10	11	Кулаков И.Ю. (Кузнецов П.Ю.)	6	91	Павлова М.Т.		
Застенкер Г.Н.	9	40	Кулешова М.Е.	7	28	(Свистов П.Ф., Першина Н.А.)	6	28
Захаров И.А.	11	92	Куперштейн И.Н.			Панов Е.Н.	10	34
Захаров П.Н. (Гудимчук Н.Б.,			(Кондратова М.С., Зиновьев А.Ю.)	3	15	Панчин А.Ю.	3	94
Ульянов Е.В., Атауллаханов Ф.И.)	10	3	Куприянова И.И. (Соколов С.В.)	3	84	Перминов В.И. (Далин П.А.,		
Зверьков Н.Г.	12	86				Ромейко В.А., Перцев Н.Н.)	11	18
Зеленый Л.М.	9	3	<b>Лаврова</b> О.Ю. (Митягина М.И.)	9	83	Перцев Н.Н. (Далин П.А.,		
Зеленый Л.М. (Митрофанов И.Г.)	9	66	Лебединцев А.И.	10	94	Ромейко В.А., Перминов В.И.)	11	18
Зеленый Л.М. (Петрукович А.А.)	9	31	Ледков А.А. (Эйсмонт Н.А.,			Першина Н.А.		
Зилов Е.А.	8	89	Назирова Р.Р.)	9	57	(Свистов П.Ф., Павлова М.Т.)	6	28
Зиновьев А.Ю. (Кондратова М.С.,			Лисаков С.М. (Пружинская М.В.)	12	36	Пестряков А.П. (Васильев С.В.,		
Куперштейн И.Н.)	3	15	Литвинов В.Л.			Веселовская Е.В.)	1	42
			(Александров П.А., Жук В.И.)	1	14	Петрукович А.А. (Зеленый Л.М.)	9	31
<b>Иванов</b> А.Н.	8	42	Лужанский Д.В. (Агатова А.Р.,			Печникова Е.В.		
Игонина Т.Н. (Амтиславский С.Я.,			Родкин М.В., Корженков А.М.)	7	18	(Кирпичников М.П., Соколова О.С.)	3	25
Рагаева Д.С., Брусенцев Е.Ю.)	3	30	Любина Г.И.	3	73	Пикуль В.В.	7	89
Измайлов С.Ф.	6	12	Ляпунова Н.А.	5	72	Пимашкин А.С.		
Ильичев В.Г. (Дашкевич Л.В.)	12	18				(Мухина И.В., Казанцев В.Б.)	6	37
Исмагилов Р.А. (Фархутдинов И.М.,			<b>Макшаев</b> Р.Р. (Свиточ А.А.)	5	58	Поваренных М.Ю.		
Фархутдинов А.М.,			Марков А.В.	1	3	(Матвиенко Е.Н., Хаммер В.Ф.)	3	41
Фархутдинова Л.М.)	12	50	Маркова С.В.	6	92	Политова Н.В. (Клювиткин А.А.)	6	60
			Маров М.Я.	9	90	Поляков Е.В.	7	88
<b>Казак</b> Е.А. (Амтиславский С.Я.,			Мартинес А. (Федотова А.А.)	12	60	Попель С.И.	9	48
Кожевникова В.В., Рожкова И.Н.)	11	37	Маслов М.П.	1	56	Попов А.И. (Федоров П.П.)	2	72
Казанцев В.Б. (Мухина И.В.,			Маслова Н.П. (Кодрул Т.М.)	8	50	Портнов А.М.	4	94
Пимашкин А.С.)	6	37	Матвиенко Е.Н. (Поваренных М.Ю.,					
Каменский А.А. (Сергеев И.Ю.)	4	29	Хаммер В.Ф.)	3	41	Пружинская М.В. (Лисаков С.М.)	12	36
Каренина К.А. (Гилёв А.Н.)	12	10	Мащенко Е.Н. (Харламова А.С.)	7	67			
Кароль И.Л. (Киселев А.А.)	11	9	Мионов В.А. (Кудан Е.В.,			<b>Рагаева</b> Д.С. (Амтиславский С.Я.,		
Кауфман Л.Я.	8	56	Гладкая И.С., Буланова Е.А.,			Брусенцев Е.Ю., Игонина Т.Н.)	3	30
Келлер Н.Б.	2	64	Хесуани Ю.Дж.)	2	56	Раменская М.Е.		
Ким А.А. (Боринская С.А.)	3	50	Митрофанов И.Г. (Зеленый Л.М.)	9	66	(Вавилов Ю.Н., Трускинов Э.В.)	1	92
Кин Н.О. (Савинова Т.Н.)	2	89	Митягина М.И. (Лаврова О.Ю.)	9	83	Раменский Е.В.	12	78
Кирпичников М.П.			Михайлов К.Г.	3	87	Расницын А.П.	2	14
(Печникова Е.В., Соколова О.С.)	3	25		5	89	Расницын А.П. (Аристов Д.С.)	5	65
Киселев А.А. (Кароль И.Л.)	11	9		10	93	Расцветаева Р.К.	4	75
Клещенко А.А.	8	90		11	94	Расцветаева Р.К. (Аксенов С.М.)	11	65
Клювиткин А.А. (Политова Н.В.)	6	60		12	71	Родкин М.В.	12	44
Кодрул Т.М. (Маслова Н.П.)	8	50	Моисеенко С.Г.			Родкин М.В. (Агатова А.Р.,		
Кожевникова В.В.			(Бисноватый-Коган Г.С.)	9	25	Лужанский Д.В., Корженков А.М.)	7	18
(Амтиславский С.Я., Казак Е.А.,			Моисеенко Т.И.	10	21	Рожкова И.Н.		
Рожкова И.Н.)	11	37	Моранж М.	12	79	(Амтиславский С.Я.,		
Колокольцев В.Г.	11	27	Музрукова Е.Б. (Фандо Р.А.)	7	79	Кожевникова В.В., Казак Е.А.)	11	37
Комаров В.Н.	6	94	Мухина И.В. (Пимашкин А.С.,			Розенберг Г.С.		
Кондратова М.С.	11	3	Казанцев В.Б.)	6	37	(Саксонов С.В., Сенатор С.А.)	7	90
Кондратова М.С. (Зиновьев А.Ю.,						Ромейко В.А. (Далин П.А.,		
Куперштейн И.Н.)	3	15	<b>Назирова</b> Р.Р.			Перцев Н.Н., Перминов В.И.)	11	18
Кораблев О.И.	9	74	(Эйсмонт Н.А., Ледков А.А.)	9	57	Росликова В.И.	5	28
Корженков А.М. (Агатова А.Р.,			Нароенков С.А.	7	87			
Лужанский Д.В., Родкин М.В.)	7	18	Наумов Г.Б.	8	91	<b>Савернюк</b> Е.А. (Докукин М.Д.,		
Корнеева В.А.	2	31	Незлин Л.П.	1	82	Черноморец С.С.)	7	52
Коростовцева Л.С.			Нетёсов С.В.	4	3	Савинова Т.Н. (Кин Н.О.)	2	89
(Татараидзе А.Б., Анищенко Л.Н.,			Нефедьев Ю.А.	12	84	Садовничий В.А. (Черепашук А.М.)	3	3
Алехин М.Д.)	11	60	Никельшпарг Э.И.	4	88	Саксонов С.В. (Розенберг Г.С.,		
Короткова Е.И. (Булычева Е.В.)	10	92	Никонов А.А.	1	51	Сенатор С.А.)	7	90
Кудан Е.В. (Гладкая И.С.,				8	33	Светцов В.В. (Шувалов В.В.)	12	85
Буланова Е.А., Хесуани Ю.Дж.,			Никонов А.А. (Флейфель Л.Д.)	4	36	Свистов П.Ф.		
Мионов В.А.)	2	56				(Першина Н.А., Павлова М.Т.)	6	28
Кузнецов В.Г.	2	68	<b>Павлейчик</b> В.М.	1	59	Свиточ А.А. (Макшаев Р.Р.)	5	58
Кузнецов П.Ю. (Кулаков И.Ю.)	6	91	Павлинов И.Я.	12	28	Северцов А.С. (Шубкина А.В.)	6	18

Семена Н.П.	10	91	Туркин А.Н. (Юнович А.Э.)	1	75	Хлебович В.В. (Смирнов А.В.)	5	80
Сенатор С.А.						Хохлов А.Н.	11	93
(Розенберг Г.С., Саксонов С.В.)	7	90	<b>У</b> льянов Е.В. (Гудимчук Н.Б.,			<b>Ц</b> вельх А.Н.	8	21
Сенников А.Г. (Сенникова Е.А.)	8	74	Захаров П.Н., Атауллаханов Ф.И.)	10	3	<b>Ч</b> ерепащук А.М. (Садовничий В.А.)	3	3
Сенникова Е.А. (Сенников А.Г.)	8	74	<b>Ф</b> андо Р.А. (Музрукова Е.Б.)	7	79	Чернова Е.В.	5	34
Сергеев А.В. (Благодатский А.С.)	1	22	Фархутдинов А.М. (Исмагилов Р.А.,			Чернова Е.В. (Щербаков В.В.)	1	64
Сергеев И.Ю. (Каменский А.А.)	4	29	Фархутдинов И.М.,			Черноморец С.С.		
Скорлупкина Н.Н.	3	91	Фархутдинова Л.М.)	12	50	(Докукин М.Д., Савернюк Е.А.)	7	52
Слепцов И.К. (Федоров С.Е.,			Фархутдинов И.М.			Черных Е.Н.	1	28
Григорьев С.Е., Гармаева Д.К.)	10	54	(Исмагилов Р.А.,				2	43
Смирнов А.В. (Хлебович В.В.)	5	80	Фархутдинов А.М.,				3	55
Соколов Д.Д.	7	3	Фархутдинова Л.М.)	12	50		4	44
Соколов С.В. (Куприянова И.И.)	3	84	Фархутдинова Л.М.			Четверикова А.В.	10	29
Соколова О.С. (Печникова Е.В.,			(Исмагилов Р.А.,			Чуразов Е.М.	9	18
Кирпичников М.П.)	3	25	Фархутдинов И.М.,					
Соловьев А.А.	5	86	Фархутдинов А.М.)	12	50	<b>Ш</b> арков А.А.	2	21
Стрелков В.С.	8	3	Федоров П.П. (Попов А.И.)	2	72	Шевцов В.С.	3	69
Стрелков П.П.	8	12	Гармаева Д.К., Слепцов И.К.)	10	54	Шубкина А.В. (Северцов А.С.)	6	18
Суворов А.Н.	5	11	Федотова А.А. (Мартинес А.)	12	60	Шувалов В.В. (Светцов В.В.)	12	85
Сурдин В.Г.	6	72	Фефилова Е.Б. (Батурина М.А.)	8	88			
Сысоева Л.Н. (Алексеева Т.П.,			Флейфель Л.Д. (Никонов А.А.)	4	36	<b>Щ</b> ербаков В.В. (Чернова Е.В.)	1	64
Бурмистрова Т.И., Трунова Н.М.)	6	93	<b>Х</b> аммер В.Ф. (Поваренных М.Ю.,			Щербаков Р.Н.	4	62
Сысуев В.М. (Голиков Ю.П.)	1	68	Матвиенко Е.Н.)	3	41		7	69
Сычевская Е.К.	12	87	Харламова А.С. (Мащенко Е.Н.)	7	67	<b>Э</b> йсмонт Н.А.		
<b>Т</b> анклевский М.М.	5	61	Хартанович М.В. (Веселовская Е.В.)	6	46	(Ледков А.А., Назиров Р.Р.)	9	57
Татаридзе А.Б. (Анищенко Л.Н.,			Хесуани Ю.Дж. (Кудан Е.В.,					
Коростовцева Л.С., Алехин М.Д.)	11	60	Гладкая И.С., Буланова Е.А.,			<b>Ю</b> нович А.Э. (Туркин А.Н.)	1	75
Трунова Н.М. (Алексеева Т.П.,			Миронов В.А.)	2	56			
Бурмистрова Т.И., Сысоева Л.Н.)	6	93	Хлебович В.В.	6	69	<b>Я</b> шина С.Г. (Губин С.В.)	7	42
Трускинов Э.В.								
(Вавилов Ю.Н., Раменская М.Е.)	1	92						

# ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь  
**Е.А.КУДРЯШОВА**

Научные редакторы  
**О.О.АСТАХОВА**

**М.Б.БУРЗИН**

**Т.С.КЛЮВИТКИНА**

**К.Л.СОРОКИНА**

**Н.В.УЛЬЯНОВА**

**М.Е.ХАЛИЗЕВА**

**О.И.ШУТОВА**

**А.О.ЯКИМЕНКО**

Литературный редактор  
**Е.Е.ЖУКОВА**

Художественный редактор  
**Т.К.ТАКТАШОВА**

Заведующая редакцией  
**И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА**

Перевод:  
**С.В.ЧУДОВ**

Графика, верстка:  
**А.В.АЛЕКСАНДРОВА**

Свидетельство о регистрации  
№1202 от 13.12.90

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

Адрес редакции: 119049,  
Москва, Мароновский пер., 26  
Тел.: (499) 238-24-56, 238-25-77  
Факс: (499) 238-24-56  
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 18.11.2015  
Формат 60×88 1/8  
Бумага офсетная. Офсетная печать  
Усл. печ. л. 11,16. Уч. изд. л. 12,2  
Тираж 416 экз.  
Заказ 790  
Цена свободная  
Набрано и сверстано в редакции

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



Ранним июньским утром 1978 г. жителей небольшого хорватского городка Вела-Луки, расположенного на берегах Адриатики, разбудили звуки потоков воды, которая стремительно прибывала, пока не достигла уровня 1.5–2 м выше городской набережной и портовых причалов. Десятью минутами позже вода столь же стремительно начала отступать. А потом вся картина полностью повторилась. Заливание и осушение порта Вела-Луки непрерывно продолжалось в течение нескольких часов. Происшедшее событие породило панику у местного населения и недоумение у ученых. Катастрофическое наводнение в Вела-Луке было совершенно непохоже на известные случаи штормовых нагонов или наводнений, вызванных проливными дождями и весенними паводками. По масштабам, характеру проявления и разрушительным эффектам оно аналогично волнам цунами, которые регулярно наблюдаются в сейсмоактивных зонах Мирового океана и вызывают колоссальные разрушения. Гипотезы о том, что данное цунами обусловлено подводным землетрясением или оползнем, случившимся в центральной части Адриатического моря, не подтвердились, и было высказано предположение о метеорологической природе необычного явления.

**Рабинович А.Б., Шепич Я. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЦУНАМИ: ЧТО ЭТО ТАКОЕ?**



