

# ПРИРОДА

12 10



**В НОМЕРЕ:****3 Лазарев Е.Н., Родионова Ж.Ф., Шевченко В.В.****Карта рельефа Венеры**

Наша ближайшая соседка Венера окружена плотными облаками, поэтому изучать ее поверхность можно лишь радиолокационными методами. Последняя, уточненная карта планеты построена в этом году в ГАИШ МГУ на основе данных американского космического аппарата «Magellan».

**13 Берштейн Л.М.****Колчан и стрелы — проканцерогенная роль маммарного жира**

Связано ли ожирение с риском возникновения рака молочной железы? Видимо, связано настолько, насколько в маммарном жире выражены гормональные или генотоксические эффекты.

**20 Никонов А.А.****Карпатские землетрясения 1940 года**

В отличие от большинства других глубокофокусных землетрясений, событие 1940 г. представляло собой рой сильных толчков, происходивших в течение пяти месяцев.

**27 Семенов Д.В.****Пруды Москвы ради горожан и... для лягушек**

Зоологи пытаются понять, почему гибнут земноводные в самых разных уголках Земли. Выяснится, что этому способствует эволюционно сложившаяся низкая устойчивость к быстро меняющимся условиям среды. Как предотвратить исчезновение этих животных, которым особенно тяжело приходится в городах?

**36 Чугунов А.О., Ефремов Р.Г.****Компьютерные игры в молекулярную биофизику**

«Компьютерные», или *in silico*, эксперименты позволяют «подглядеть» за процессами в живой клетке на уровне отдельных молекул — и для этого не нужно ни пробирок, ни спектрометров. Взаимодействие молекул между собой существуют лишь в памяти электронно-вычислительных машин, — и вот уже антимикробный пептид адсорбировался на поверхности мембраны клетки!

**Вести из экспедиций****44 Сарана В.А., Тимирева С.Н., Кононов Ю.М.****Новые находки на реке Новой**  
Окончание**54 Галл Я.М.****Два Гаузе**

К 100-летию со дня рождения Г.Ф.Гаузе

**Научные сообщения****64 Панова Т.Д.****Взгляд сквозь... слюду****Заметки и наблюдения****66 Булавинцев В.И.****Теберда поднебесная****О чем писала «Природа»****71****Экспедиция капитана Скотта****Редакционное послесловие (75)****77****Новости науки**

В оболочке углеродной звезды обнаружена горячая вода (77). Плазмороны в графене (78). Новый механизм репарации ДНК (78). Партеогенез приводит к карликовости (79). Гетеротрофные бактерии городских родников (80). Гербарии и климат (80). Метан и газогидраты на сахалинском склоне Охотского моря (81). Следы древнего оледенения на острове Новая Сибирь (82).

**Рецензии****83 Россиянов К.О.****«Я все еще очарован наукой...»**

(на кн.: Лев Львович Киселев.

Наука как источник жизненного оптимизма)

**86****Новые книги****88****Тематический и авторский указатели за 2010 год**



## CONTENTS:

- 3 Lazarev E.N., Rodionova Zh.F., Shevchenko V.V.**  
**Map of Venus Relief**  
*Our nearest neighbor Venus is enveloped by dense clouds, so its surface can be studied only by radar imaging methods. The latest, more accurate map of the planet was composed this year in State Institute of Astronomy of MSU from the data provided by American space probe «Magellan».*

- 13 Bershtein L.M.**  
**A Quiver and Arrows – Pro-Carcinogenic Role of Mammary Fat**  
*Is obesity linked to the risk of developing breast cancer? It seems, it is to the extent to which hormonal and genotoxic effects are expressed in mammary fat.*

- 20 Nikonov A.A.**  
**Carpathian Earthquakes of 1940**  
*Unlike the majority of other deep-focus earthquakes, 1940 event was a swarm of strong shocks lasting for five months.*

- 27 Semenov D.V.**  
**Moscow Ponds for the Sake of City-Dwellers and... Frogs**  
*Zoologists try hard to understand why Amphibia die out in the very different corners of the Earth. It becomes clear that evolutionary developed low resistance to rapid environmental change contributes to it. How to prevent extinction of these animals, which are especially hardly hit by urban environment?*

- 36 Chugunov A.O., Efremov R.G.**  
**Computer Games Featuring Molecular Biophysics**  
*Computational (in silico) experiments allow examination of molecular processes in living cell with unprecedented detalization – without need for test-tubes and spectrometers. Intermolecular interactions exist only virtually in computers' memory – and here goes antimicrobial peptide acting at cell membrane surface!*

## News from Expeditions

- 44 Sarana V.A., Timireva S.N., Kononov Yu.M.**  
**New Findings on Novaya River**  
 Part Two

- 54 Gall Ya.M.**  
**Two Gauze**  
 To Centenary of G.F.Gauze

## Scientific Communications

- 64 Panova T.D.**  
**A Look through... Mica**

## Notes and Observations

- 66 Bulavintzev V.I.**  
**Teberda Above Clouds**

## What «Priroda» Wrote About

- 71**  
**Captain Scott Expedition**  
**Editorial Afterword (75)**

## Science News

Hot Water Discovered in Envelope of Carbon Star (77). Plasmorones in Graphen (78). A New Mechanism of DNA Repair (78). Parthenogenesis Leads to Dwarfism (79). Heterotrophic Bacteria of Urban Springs (80). Herbaria and Climate (80). Methane and Clathrates at Sakhalin Continental Slope of Sea of Okhotsk (81). Traces of Ancient Glaciation at Novaya Sibir Island (82).

## Book Reviews

- 83 Rossiyanov K.O.**  
**«I am still enchanted with science...»**  
 (on book: Lev Lvovich Kiselev.  
 Science as a source of optimistic view of life)

## New Books

- 88**  
**Subject and Author Indexes for 2010**

# Карта рельефа Венеры

Е.Н.Лазарев, Ж.Ф.Родионова, В.В.Шевченко

Вторая от Солнца и ближайшая к Земле планета, Венера, названа именем богини любви и красоты, принятым у римлян. С богинями любви связывали эту планету также жители Вавилона и древние греки (с Иштар и с Афродитой соответственно). Яркое свечение Венеры объясняется отражением солнечных лучей от ее мощной облачной атмосферы. Просветов в облачном покрове Венеры не наблюдается, поэтому рельеф ее поверхности можно изучать только методами радиолокации.

## Создание радиокарт планеты

Радиолокационные исследования Венеры были начаты в США и СССР в 1961 г. Без преувеличения можно сказать, что планетная радиолокация — одно из главных достижений техники конца XX в. Сначала слабый отраженный импульс позволял определять только расстояние до планеты. В 1970-х годах по разности радиочастот сигналов, отраженных правой и левой сторонами диска, был найден период вращения Венеры: 243 суток в направлении, не характерном для других планет, — по часовой стрелке, если смотреть с северного полюса эклиптики. Точно определить вращение помогли две яркие в радиоотражении области, которым по алфавитному принципу временно присвоили названия Альфа



**Евгений Николаевич Лазарев**, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник отдела исследований Луны и планет Государственного астрономического института им.П.К.Штернберга Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова (ГАИШ). Занимается разработкой методики и технологии создания гипсометрических карт по данным космических съемок.



**Жанна Федоровна Родионова**, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник того же отдела. Специалист в области картографирования планет и спутников Солнечной системы, морфометрии и сравнительной планетологии. Разработала методику создания морфологических каталогов кратеров Меркурия, Луны и Марса. Член Международного астрономического союза.



**Владислав Владимирович Шевченко**, доктор физико-математических наук, заведующий указанным отделом. Область научных интересов — исследование тел Солнечной системы. Разработал и применил на практике различные методы дистанционных исследований Луны и планет. Член Международного астрономического союза.

и Бета. Но, как это часто бывает, временные имена закрепились. Позже выяснилось, что Альфа и Бета — это крупные возвышенности с сильнопересеченным рельефом. Из-за медленного вращения рассвет и закат на Венере длятся несколько зем-

ных суток, а смены времен года там нет, поскольку наклон полярной оси не превышает 3°.

Сложение двух вращений — вокруг оси и вокруг Солнца, — происходящих в разных направлениях, приводит к тому, что солнечные сутки на Венере

© Лазарев Е.Н., Родионова Ж.Ф., Шевченко В.В., 2010

длятся 116,8 земных суток. Период повторения нижних соединений Венеры (ее максимальных сближений с Землей) составляет около 584 земных суток; легко видеть, что за это время на планете проходит ровно пять солнечных суток, а относительно линии Солнце—Земля она совершает четыре поворота вокруг оси. Поэтому в каждом нижнем соединении Венера обращена к Земле одной и той же своей стороной. Причина такой синхронизации неясна, так как приливное взаимодействие между Землей и Венерой очень слабое.

Загадки очень медленного вращения Венеры и его резонанса с движением относительно Земли еще ждут своего решения. А для картографов это странное свойство Венеры обернулось тем, что с помощью наземной радиолокации не удастся получить одинаково четкие картины «земного» и «антиземного» полушарий Венеры. Исследования

Венеры наиболее удобно проводить вблизи ее нижнего соединения, когда планета подходит к Земле ближе всего. В верхнем соединении планета слишком далека от нас. Поэтому первая наземная радиолокационная карта могла охватить только одно полушарие планеты (точнее, 30% всей ее территории). Такая радиокарта появилась в начале 1970-х годов. Она давала распределение коэффициента радиотражения, который, в принципе, прямо не связан с оптическими темными и светлыми районами поверхности и не несет информации о высотах рельефа. Впрочем, качество радиоизображений, зарегистрированных с Земли, т.е. с расстояния порядка 100 млн км, вообще оставляет желать лучшего.

Детальные карты поверхности Венеры были получены благодаря космическим зондам, доставившим радиовысотометры и локаторы бокового обзора к самой границе атмосферы Ве-

неры (в сотнях километров над ее поверхностью). По мере получения данных с космических аппаратов «Pioneer-Venus» (NASA, 1978—1992), «Венера-15 и -16» (СССР, 1983—1984) и «Magellan» (NASA, 1990—1994) совершенствовались и уточнялись гипсометрические карты планеты, на которых рельеф изображен горизонталями, т.е. линиями, соединяющими точки с одинаковой высотой. Первая карта Венеры (в пределах пояса широт от  $-65^\circ$  до  $75^\circ$ ) была создана в США в 1980 г. на основе радиовысотометрических измерений с борта орбитального аппарата «Pioneer-Venus». Наименьший размер радиолокационного пятна на поверхности Венеры был  $23 \times 7$  км. Естественно, разрешение карты оказалось невысоким — около 100 км (рис.1).

В СССР первые гипсометрические карты Венеры были составлены по данным орбитальных аппаратов «Венера-15 и -16», которые впервые с помощью ло-

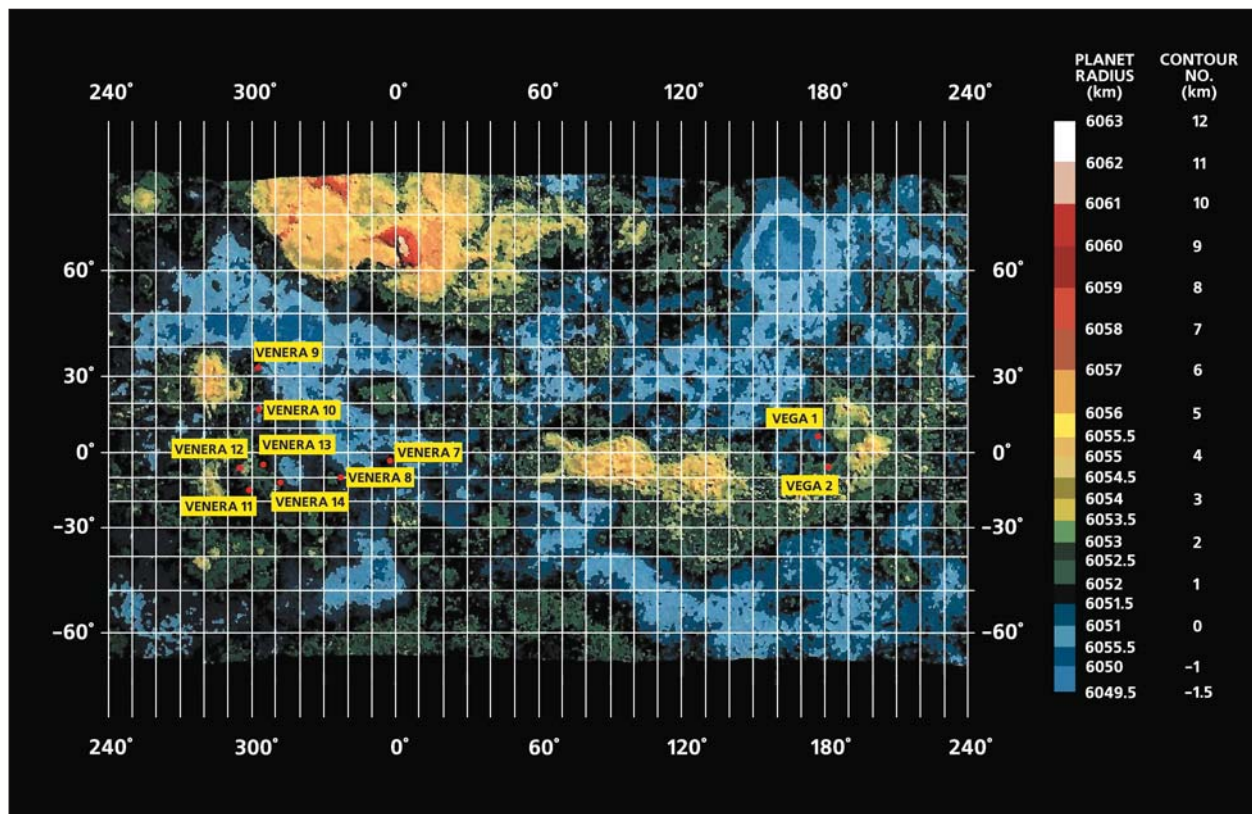


Рис.1. Первая гипсометрическая карта поверхности Венеры. Отмечены места посадки советских зондов.

каторов бокового обзора выполнили съемку 25% поверхности северного полушария (от полюса до 30°с.ш.) с разрешением около 1 км. В 1989 г. на основе этих съемок в США была издана серия из трех карт Венеры в масштабе 1:15 000 000. Это была совместная работа Американской геологической службы (USGS) и Института геохимии и аналитической химии им.В.И.Вернадского. В 1989 г. в СССР был издан «Атлас поверхности Венеры», включающий различные карты, в том числе и гипсометрические в масштабе 1:10 000 000. В «Атласе планет земной группы и их спутников», вышедшем в России в 1992 г., наряду с другими гипсометрическими картами приведена и карта Венеры в масштабе 1:75 000 000.

Но самые подробные карты были составлены по данным американского зонда «Magellan», который с 10 августа 1990 г. в течение нескольких лет проводил на орбите вокруг Венеры радиолокационную съемку, позволявшую получить изображение всей поверхности с разрешением до 150 м. В 1997 г. Американская геологическая служба США выпустила подробные карты Венеры в масштабе 1:10 000 000. В комплект для каждого из восьми регионов входят четыре карты: радиолокационное изображение поверхности, полутоновое изображение рельефа, альтиметрическая и топографическая карты. В настоящее время USGS продолжает издание геологической карты поверхности Венеры в масштабе 1:5 000 000. Всего будет издано 62 листа с описанием геологического строения местностей.

## Наши уточненные изображения

В 2008 г. гипсометрическая карта Венеры в масштабе 1:90 000 000 (рис.2) была составлена в ГАИШ при участии кафедры картографии и геоинформатики географического факультета МГУ.

**Таблица 1**

### Родовые термины деталей рельефа Венеры

Латинский термин	Русский термин	Определение
chasma (chasmata)	каньон (каньоны)	глубокая крутосклонная линейная депрессия
collis (colles)	холм (холмы)	небольшая возвышенность округлой в плане формы, обычно образуют скопления
corona (coronae)	венц (венцы)	крупная округлая деталь, окруженная кольцом концентрических гряд и борозд
crater (craters)	кратер (кратеры)	округлая депрессия
dorsum (dorsa)	гряда (гряды)	линейная возвышенность неправильной в плане формы
fluctus (fluctūs)	поток (потoki)	области с потоками, имеющими языкообразные края
fossa (fossae)	борозда (борозды)	длинная, узкая линейная депрессия
labyrinthus (labyrinthi)	лабиринт (лабиринты)	комплекс пересекающихся долин, каньонов
linea (lineae)	линия (линии)	темная или светлая удлиненная деталь поверхности, может быть кривой или прямой
mons (montes)	гора (горы)	крупная возвышенность рельефа (mons) или цепь возвышенностей (montes)
patera (paterae)	патэра (патэры)	кратер неправильной формы или сложный кратер с фестончатыми краями
planitia (planitiae)	равнина (равнины)	ровная низменная область
planum (plana)	плато (плато)	ровная возвышенная область
regio (regiones)	область (области)	крупный район, отличающийся от прилегающих по цвету или по яркости
rupes (rupēs)	уступ (уступы)	уступо- или обрывообразная форма
terra (terrae)	земля (земли)	область с пересеченным рельефом (обычно обширная возвышенность)
tessera (tesserae)	тэссера (тэссеры)	возвышенность с характерным сильно пересеченным в нескольких направлениях рельефом, имеющая вид черепичного покрытия или паркетобразный рисунок
tholus (tholi)	купол (купола)	отдельная небольшая куполовидная гора или холм
unda (undae)	дюна (дюны)	дюнообразная форма рельефа
vallis (valles)	долина (долины)	извилистая ложбина, часто имеет притоки

При построении горизонталей на этой карте основой служили цифровые данные о рельефе Венеры (64 800 значений высот точек), полученные со спутника «Magellan». Для карты была разработана оригинальная шкала ступеней высот и были выбраны шрифты для названий форм рельефа, присвоенных Международным астрономическим союзом (МАС), а также для мест посадки космических аппаратов.

Чем более четкой предстает перед нами поверхность Венеры, тем больше обнаруживается на ней типов деталей, многие из которых не имеют аналогов на Земле, а некоторые — и на других планетах (например, венцы и тессеры). В табл.1 приведены современная номенклатура и описание типов рельефа Венеры.

Как известно, МАС принял решение называть различные



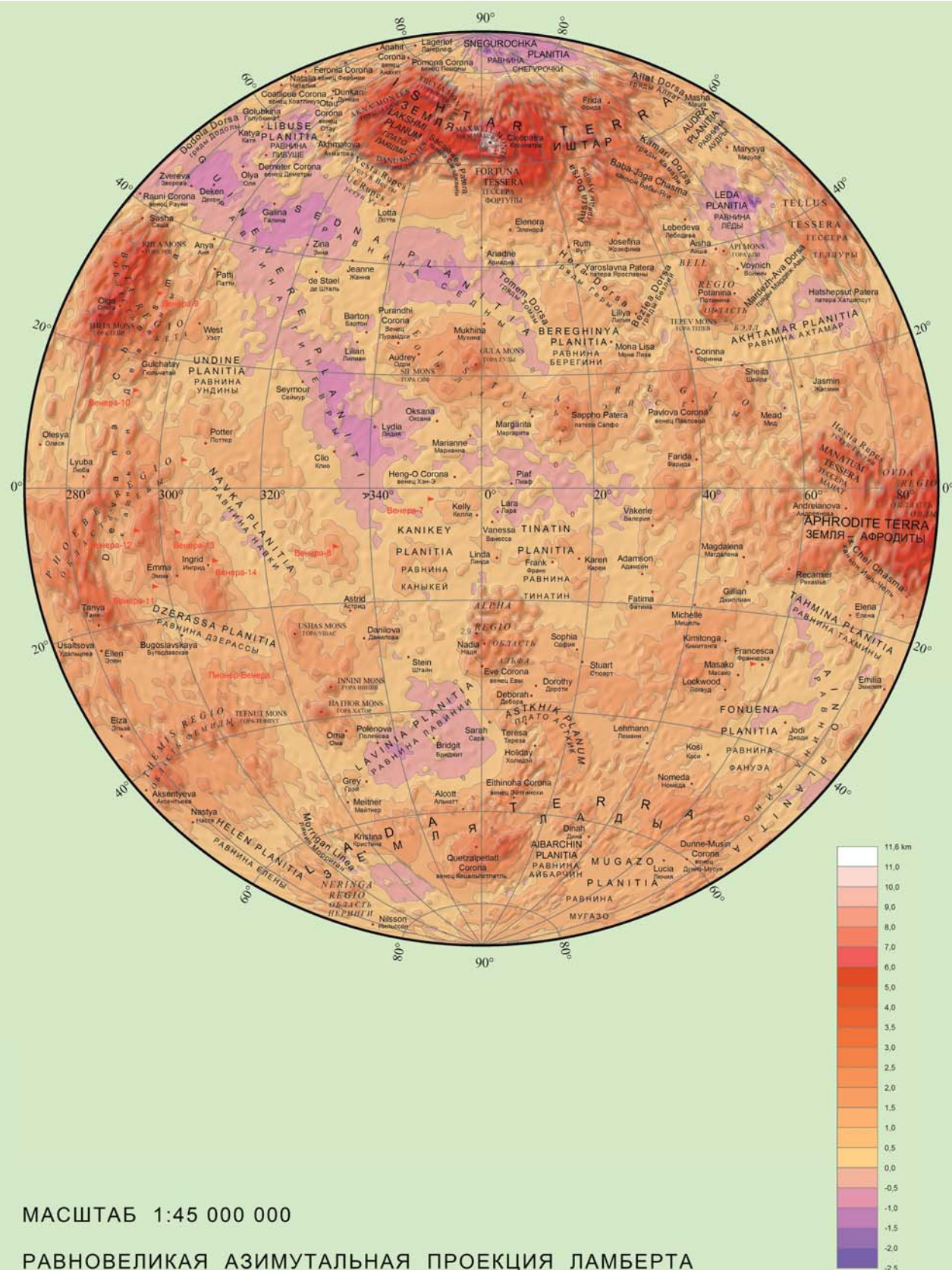
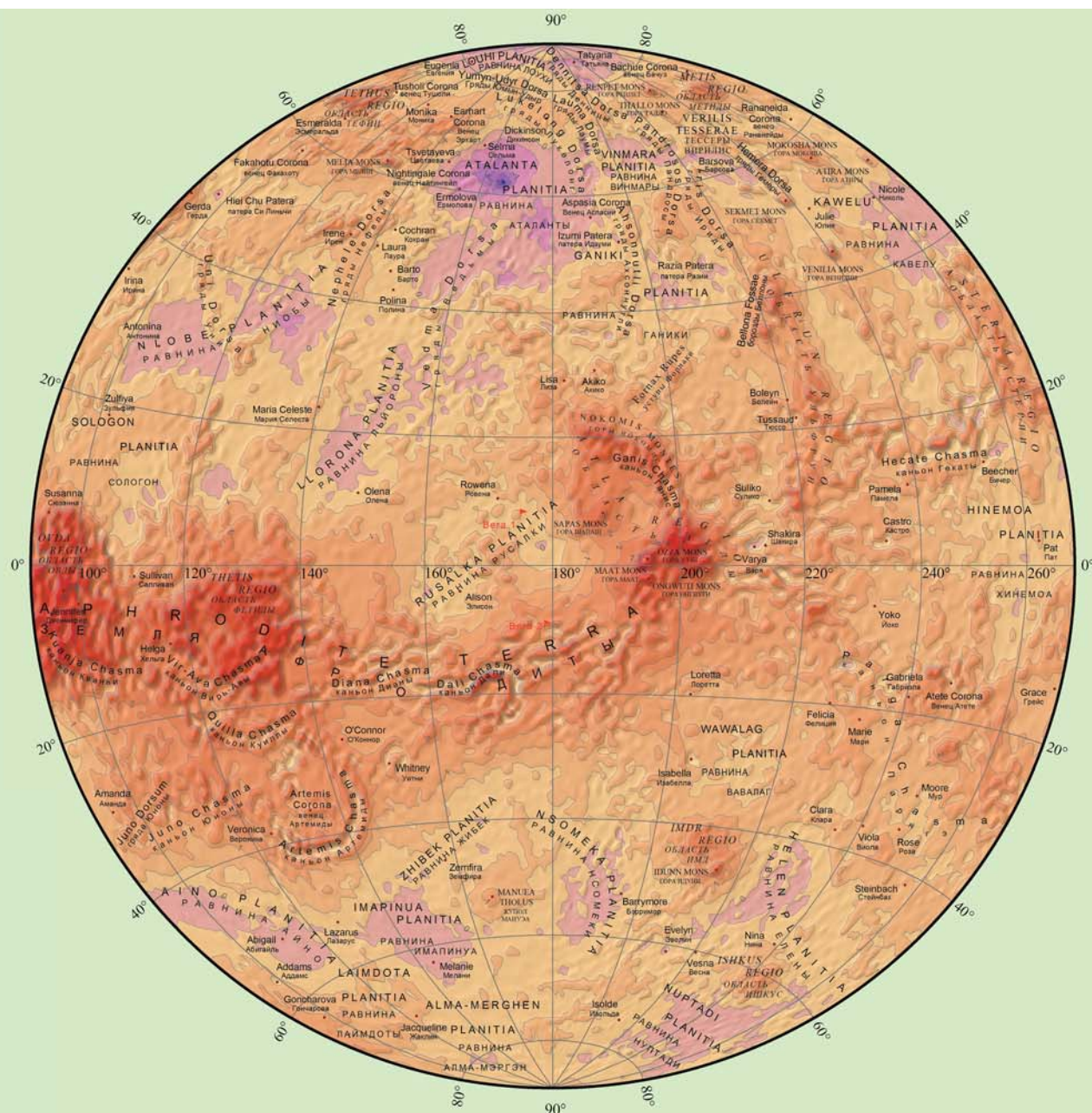


Рис.2. Гипсометрическая карта Венеры 2008 года, созданная в России по данным космического аппарата «Magellan».





Карта подготовлена в Государственном астрономическом институте им. П.К.Штернберга при участии кафедры картографии и геоинформатики МГУ по материалам КА "Магеллан".  
Горизонталы построены по данным о высотах 64800 точек поверхности.  
Высоты отсчитаны от сферы радиусом 6051,0 км.  
Составитель: Лазарев Е. Н.  
Редактор: к. ф.-м. н. Родионова Ж.Ф.

© Государственный астрономический институт им. П.К.Штернберга МГУ 2007 г.



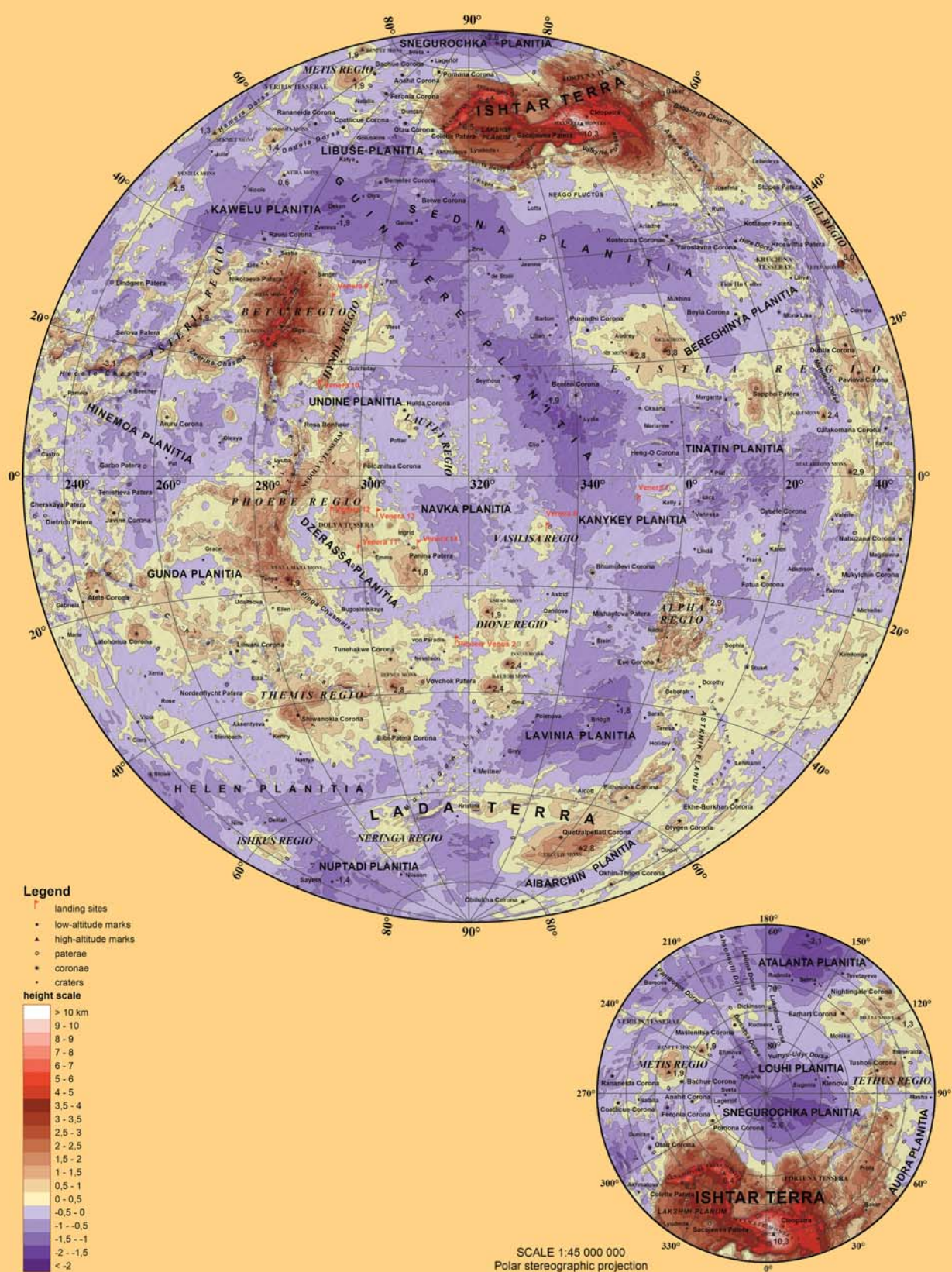


Рис.3. Карта рельефа Венеры 2010 года.



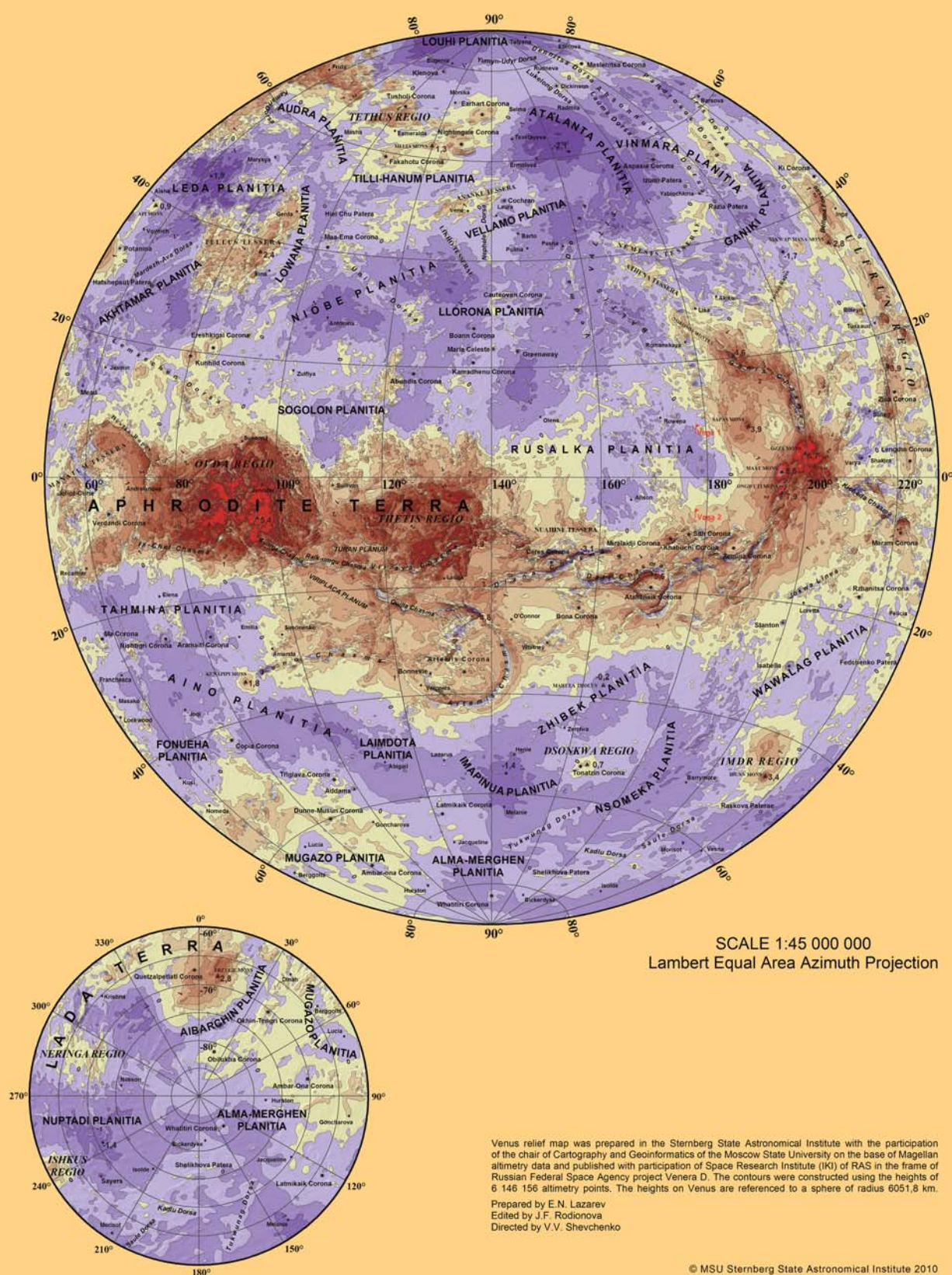




Таблица 2

## Категории собственных имен деталей рельефа Венеры

Деталь рельефа	Категория имени
борозды, линии	богини войны, женские воинственные мифологические персонажи
венцы	богини земли и плодородия
горы, купола, лабиринты, потоки	различные богини (а также физик Максвелл)
гряды	богини неба
долины	имена планеты Венера в языках разных народов ( $L > 400$ км) или богини рек ( $L < 400$ км)
дюны	богини пустынь
земли, плато	богини любви и красоты
каньоны	богини охоты и Луны
кратеры ( $\varnothing > 20$ км), патеры	фамилии выдающихся женщин
кратеры ( $\varnothing < 20$ км)	обычные женские имена
области	титаниды и великанши (а также Альфа и Бета)
равнины	героини мифов
тессеры	богини судьбы и удачи
уступы	богини домашнего очага
холмы	богини моря

формы рельефа на Венере женскими именами. Исключение из этого правила — горы Максвелла, названные в честь знаменитого английского физика, благодаря работам которого возникла радиотехника и, в частно-

сти, радиолокация. Также не вполне женские имена остались у областей Альфа и Бета, поскольку эти названия широко использовались при первых радиолокационных наблюдениях с Земли. В табл.2 приведены ти-

пы собственных имен, присваиваемые различным формам рельефа на Венере.

Новая «Карта рельефа Венеры» масштаба 1:45 000 000 (рис.3), составленная в ГАИШ МГУ с участием кафедры картографии и геоинформатики географического факультета МГУ и изданная при финансовой поддержке Института космических исследований РАН в 2010 г., существенно отличается от предыдущих карт.

Для построения горизонталей, с помощью которых показан рельеф поверхности Венеры, были использованы данные спутника «Magellan» о высотах более 6 млн точек поверхности. Это дало возможность отобразить рельеф намного подробнее, чем на карте, изданной в 2008 г., что наглядно демонстрирует рис.4. Все данные были приведены относительно среднего уровня поверхности — сферы радиусом 6051.8 км, что повлияло на распределение высотных ступеней. Площади, занимаемые низ-

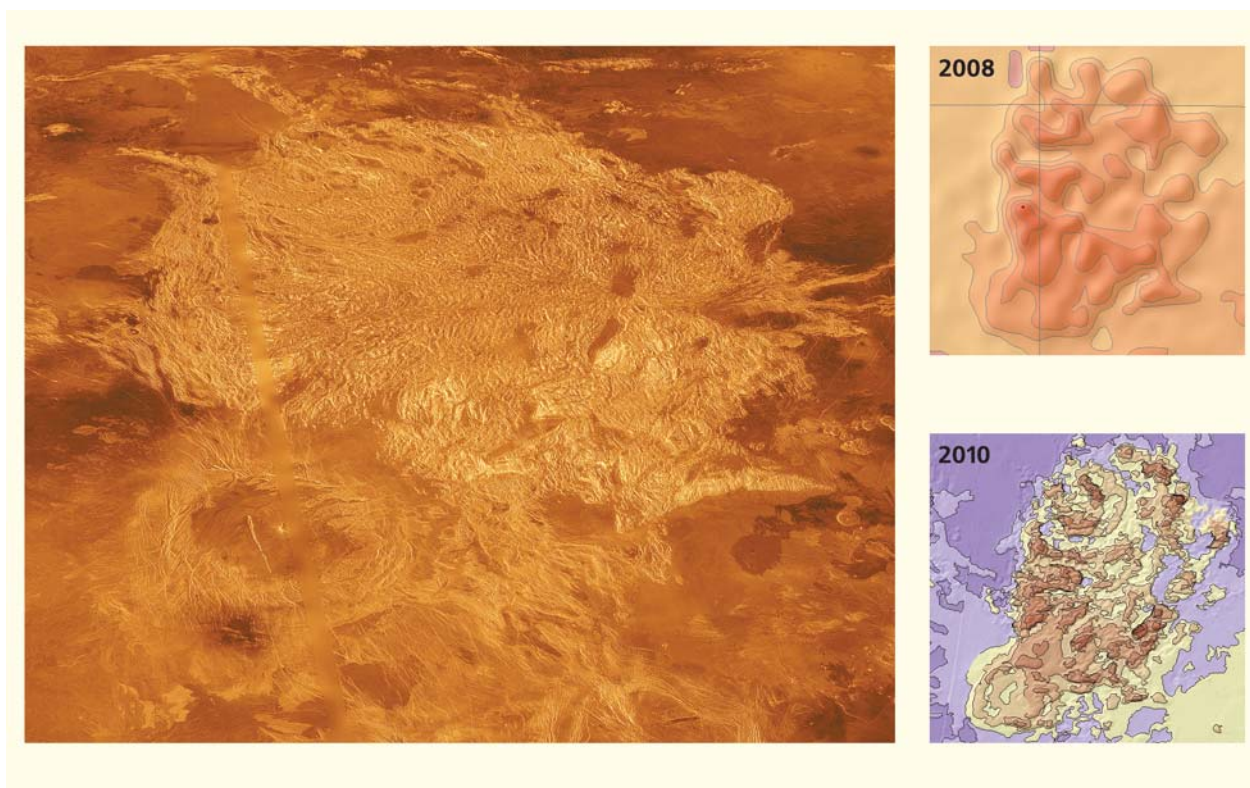


Рис.4. Рельеф области Альфа на радарном снимке (слева) и его изображение на картах Венеры, изданных в 2008 и 2010 гг.

менностями, увеличились, а возвышенностями — уменьшились по сравнению с предыдущей картой. Перепад высот на Венере составляет 13.4 км. Самая высокая отметка гор Максвелла относительно среднего уровня поверхности Венеры достигает 10.3 км, а самая низкая (в каньоне) — 3.1 км.

Полушария планеты показаны на «Карте рельефа Венеры» таким образом, что левое изображение, с центральным меридианом  $320^\circ$ , представляет собой полушарие, видимое с Земли в момент нижнего соединения, а правое, с центральным мери-

дианом  $140^\circ$ , — обратное, «анти-земное». Идею такого деления на полушария предложил Г.А.Бурба. Заметим, что это противопоставление (с точки зрения земного наблюдателя) двух полушарий Венеры все же условное. Оно имеет смысл на сравнительно небольших интервалах времени — в несколько веков. Средний синодический период\* Венеры равен 583.92 суток. С таким пе-

\* Синодический период — время, за которое какая-либо планета,двигающаяся по своей орбите, делает полный оборот (возвращается в исходное положение относительно Солнца) с точки зрения земного наблюдателя.

риодом происходит сближение Венеры и Земли на минимальное расстояние. А точный период вращения Венеры составляет 243.0185 суток. Поэтому, строго говоря, между моментами сближения с Землей относительно направления на Землю Венера успевает сделать не точно четыре поворота, а 4.0014. Следовательно, через 571 год в моменты нижних соединений она будет демонстрировать Земле противоположное полушарие. Но в течение ближайшего столетия разбиение карты на «земное» и «анти-земное» полушария останется практически неизменным.

Таблица 3

Небольшие по размеру кратеры Венеры, названные привычными нам женскими именами

Кратер	Широта, °	Долгота (восточная), °	Диаметр, км	Кратер	Широта, °	Долгота (восточная), °	Диаметр, км
Антонина	28.1	106.8	13.8	Марианна	9.3	358.0	9.0
Аня	39.5	297.8	18.1	Маруся	53.3	75.1	6.3
Ариадна	43.9	360.0	23.6	Маша	60.7	88.5	6.4
Валентина	46.4	144.1	24.6	Надя	-27.9	0.6	11.3
Валерия	-6.4*	30.9	13.6	Настя	-49.0	275.8	12.5
Ванда	71.3	323.1	21.7	Наталия	67.1	272.9	10.8
Варя	2.8	211.8	14.3	Нина	-55.5	238.7	24.6
Вероника	-38.1	124.6	17.9	Оксана	11.9	352.0	7.7
Вета	42.6	349.5	6.4	Олена	10.9	149.0	7.0
Виола	-36.1	240.5	10.0	Олеся	5.6	273.3	12.0
Галина	47.6	307.1	16.8	Ольга	26.1	283.8	15.5
Дина	-62.9	37.1	15.6	Оля	51.4	291.8	13.4
Ева	-32.0	0.1	23.0	Полина	42.4	148.2	21.6
Евгения	80.6	105.4	6.0	Раиса	27.5	280.3	13.5
Елена	-18.3	73.4	17.6	Регина	30.0	147.3	24.9
Жанна	40.1	331.5	19.4	Рита	71.0	334.8	8.3
Жасмин	15.6	61.6	15.1	Роза	-35.2	248.2	15.5
Зина	41.9	320.1	9.0	Сара	-42.4	1.8	18.5
Зоя	69.1	236.2	20.0	Саша	38.3	277.3	4.6
Ирина	35.0	91.2	15.2	Света	82.5	273.2	21.0
Катя	57.8	285.7	10.5	Софья	-28.6	18.8	17.6
Клара	-37.5	235.3	3.2	Сюзанна	6.0	93.3	13.3
Кристина	-65.2	315.9	9.7	Тамара	61.6	317.2	11.0
Ксения	-30.3	249.4	13.5	Таня	-19.3	282.7	14.0
Лара	-4.2	2.9	3.4	Татьяна	85.4	212.4	19.0
Лариса	-18.5	131.1	3.7	Ульяна	24.3	253.0	12.5
Лена	39.5	23.0	15.2	Устинья	-41.2	251.6	11.8
Лида	36.6	273.9	20.3	Флоренция	-15.2	85.0	10.5
Лидия	10.7	340.7	15.2	Фрося	29.5	113.4	9.8
Лиза	29.0	182.0	4.5	Чулпан	40.0	290.0	6.3
Лилия	30.2	31.1	15.0	Элеонора	47.1	6.9	4.5
Люба	1.6	283.9	12.4	Эмма	-13.7	302.3	11.8
Людмила	62.1	329.7	14.1	Эрика	72.0	175.4	10.5
Маргарита	12.7	9.2	13.0	Юлия	51.0	242.6	13.5
Мари	-21.7	232.4	14.2				

\* Знаком «-» обозначены градусы южной широты.



Такое расположение полушарий на «Карте рельефа Венеры» удобно еще и тем, что Земля Афродиты, расположенная в правом полушарии, показана целиком. Дополнительно к основной карте, составленной в равноплощадной азимутальной проекции Ламберта, даны также приполярные области (от полюсов до параллелей  $\pm 60^\circ$ ), представленные в полярной стереографической проекции. Приполярные области удобнее рассматривать целиком на дополнительных картах. В электронном виде карту можно найти в Интернете\*.

## Рельеф Венеры

Глобальный рельеф Венеры довольно ровный — около 82% поверхности находится на высотах от +1 до -1 км. Но при этом имеются крупные низменности и возвышенности, сравнимые по площади с океанами и материками Земли.

По аналогии с нашей планетой возвышенные районы Венеры можно назвать материками.

\* [http://selena.sai.msu.ru/Laz/Publications/Map\\_of\\_Venus/Map\\_of\\_Venus.htm](http://selena.sai.msu.ru/Laz/Publications/Map_of_Venus/Map_of_Venus.htm) или [http://selena.sai.msu.ru/Laz/Publications/6\\_Automatic%20creation%20of%20the%20hypsometric%20map%20of%20Venus\\_MAP.pdf](http://selena.sai.msu.ru/Laz/Publications/6_Automatic%20creation%20of%20the%20hypsometric%20map%20of%20Venus_MAP.pdf).

В северной полярной области это Земля Иштар, площадь которой около 8 млн км<sup>2</sup>, что близко к площади Австралии. В пределах Земли Иштар находится огромное плато Лакшми, которое вдвое больше Тибета. С востока плато Лакшми окружают горы Максвелла, а с севера — горы Фрейи и горы Акны. Крупнейший материк Венеры — Земля Афродиты — простирается южнее экватора примерно вдоль десятой параллели на 10 тыс. км и по площади сравнима с Африкой. На южной окраине Земли Афродиты находится огромный кольцеобразный каньон Артемиды протяженностью около 5 тыс. км, а на восточной — каньон Дианы длиной около 1 тыс. км. Третий материк — Земля Лады — расположен в южной полярной области.

Куполовидные возвышенности больших размеров, такие как области Альфа, Бета, Белл, Ульфрун, а также многочисленные венцы (кольцевые структуры диаметром от 40 до 2600 км) относятся к вулканотектоническим образованиям. Еще один тип тектонических образований — узкие протяженные пояса гряд, например гряды Ведьмы длиной 3345 км.

Пониженные области включают в себя равнины, каньоны и борозды. Например: равнина

Атланты глубиной до 2,5 км, равнины Седны протяженностью 3570 км и Гиневры (7520 км), расположенные вдоль параллели 40° с.ш., равнина Лавинии, каньон Артемиды и др.

К ударному типу рельефа относятся кратеры диаметром от 1,5 до 270 км. Средняя плотность кратеров на Венере очень мала — на площадь в 1 млн км<sup>2</sup> приходится всего два кратера диаметром более 1,5 км. Известно, что плотность таких кратеров на Марсе в 100 раз, а на Луне в 200 раз больше. Кратеры небольшого размера на Венере называют женскими именами. В табл.3 приведен список той части маленьких кратеров, которой МАС присвоил женские имена, встречающиеся на территории России (главным образом по инициативе наших соотечественников). С помощью этой таблицы на карте рельефа Венеры 2010 г. можно отыскивать интересные читателя имена. Более крупные кратеры названы в честь выдающихся женщин, например: Клеопатра (66°с.ш., 7°в.д., 105 км), Ахматова (61°с.ш., 308° в.д., 41 км), Ермолова (60°с.ш., 154°в.д., 61 км). Подробнее о названиях на Венере и других небесных телах можно узнать в Интернете\*.

\* <http://planetarynames.wr.usgs.gov/>.

# Колчан и стрелы — проканцерогенная роль маммарного жира

Л.М.Берштейн

**М**аммарный жир, участвующий в формировании столь притягательных очертаний женской фигуры, с биологической точки зрения выполняет отнюдь не только функцию пассивной «жировой подушки». Это «рабочее» депо, производящее различные биологически активные вещества, и в то же время государство в государстве, если иметь в виду его относительную самостоятельность.

В последнее десятилетие в связи с отмечаемой во многих странах эпидемией *ожирения* усилилось внимание к маммарному жиру как фактору, влияющему на возникновение опухолей молочной железы. Для решения этого вопроса прежде всего необходимо напомнить, что контакт жировой ткани с эпителием молочных желез или его зачатками начинается довольно рано. Уже вскоре после рождения структура железы представляет собой фрагменты железисто-протокового комплекса, погруженного в стромально-жировой компонент и активно с ним взаимодействующего [1]. Сведения такого рода весьма важны и для рассматриваемой здесь онкологической проблемы. Достаточно вспомнить, что, хотя, как обычно считается, риск развития рака молочной железы увеличивается по мере старения, опасные «пусковые сигналы» могут формироваться уже внутриутробно, в со-



**Лев Михайлович Берштейн**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией онкоэндокринологии Научно-исследовательского института онкологии им. Н.Н.Петрова (Санкт-Петербург). Область научных интересов — механизмы гормонального канцерогенеза, а также вопросы профилактики и эндокринной терапии онкологических заболеваний.

ответствии с так называемым фетальным программированием, при котором имеют значение и масса тела новорожденной, и доля в ней жира [2].

В то же время следует иметь в виду, что в репродуктивном возрасте (в противоположность женщинам с наступившей менопаузой) избыточная масса тела или никак не отражается на развитии маммарных карцином или, более того, даже снижает его риск. Не всегда выявляется позитивная корреляция и между *размером молочных желез* и развитием в них рака. Кроме того, при оценке связи *соотношения жирового и железистого компонента в молочной железе* с риском рака молочной железы в менопаузе выясняется, что здесь более важны железистый и стромальный компоненты, определяющие так называемую маммографическую плотность органа. С другой стороны, антропометрические и гормонально-метаболические фак-

торы, приводящие к повышению маммографической плотности и возникновению рака молочной железы, не всегда совпадают, а иногда и прямо противоположны друг другу.

В совокупности это позволяет заключить, что предрасположенность к заболеванию определяется, скорее, «не объемом единым», а какими-то другими особенностями жирового депо молочной железы. В частности, иногда маммарный жир называют «жировой подушкой-ловушкой» канцерогенов. С другой стороны, накапливается все больше сведений об активном вовлечении производимых в маммарном жире гормональных и иных субстанций в формирование микроокружения трансформированных клеток [3, 4].

Ныне хорошо известно, что жировая ткань секретирует значительное число гормоноподобных пептидов, так называемых адипокинов или адипоцитоккинов, и участвует в метабо-

© Берштейн Л.М., 2010



лизме стероидных гормонов [5, 6]. Часть адипокинов (лептин, адипонектин) образуется главным образом в истинных жировых клетках, адипоцитах, а другие (фактор некроза опухоли, ФНО, интерлейкин-6, ИЛ-6) — в неадипоцитарном компартменте жировой ткани, прежде всего макрофагами. Эти пептиды участвуют не только в гормонально-метаболических реакциях, важных для физиологии и патологии (например, чувствительности к инсулину), но и в процессах, связанных с опухолевым ростом, в том числе в маммарном эпителии. Речь здесь идет о размножении клеток (пролиферации), их гибели, инвазии и т.д., что продемонстрировано *in vitro* на клеточных линиях и в пока немногочисленных опытах на экспериментальных животных [3, 4, 7]. Ряд гормональных пептидов и стероидов жировой ткани при участии активных форм кислорода [8] и окиси азота могут также стимулировать образование соединений, обладающих ДНК-повреждающим действием. Это важно для последующего изло-

жения, поскольку применительно к маммарному жиру и его связям с особенностями рака молочной железы данные вопросы специально не анализировались.

Прежде чем двигаться дальше, необходимо кое-что разъяснить. Когда говорят о возникновении опухолей в гормонозависимых тканях, закономерно возникает вопрос о механизме канцерогенеза: не отличается ли он от ситуации, когда гормоны в процесс не вовлечены. Отличия, безусловно, есть. Рассмотрим это на примере женских половых гормонов эстрогенов, которые могут действовать на ткань-мишень и как *физиологические стимуляторы*, и как *истинные канцерогены*.

В первом случае они способствуют клеточному размножению: если в ткани уже есть «опухолевый зачаток», он будет увеличиваться в размерах. Если же такого зачатка нет, усиленно размножающиеся клетки «подождают» случайной мутации или какого-либо канцерогенного агента. Иными словами, здесь гормоны не индуцируют ново-

образование, а создают условия для его роста.

Во втором случае «используется» способность эстрогенов превращаться в особые производные (катехолэстрогены, прежде всего 4-гидроксиэстрадиол и 4-гидроксиэстрон и их дериваты из класса хинонов и семихинонов). Образующиеся в ходе таких реакций свободно-радикальные продукты, а также некоторые другие соединения могут взаимодействовать с ДНК. При этом повышается вероятность ее повреждения вплоть до возникновения мутаций, накопление которых, в свою очередь, увеличивает вероятность неопластической трансформации. Таким образом, в данных обстоятельствах реализуется *прямое канцерогенное влияние* гормона, основанное на ДНК-повреждающем эффекте.

Теперь от двух типов гормонального канцерогенеза, обозначаемых как промоторный (митогенный, стохастический) и генотоксический (рис.1), вернемся к некоторым общебиологическим закономерностям. Подобная двойственность эффек-

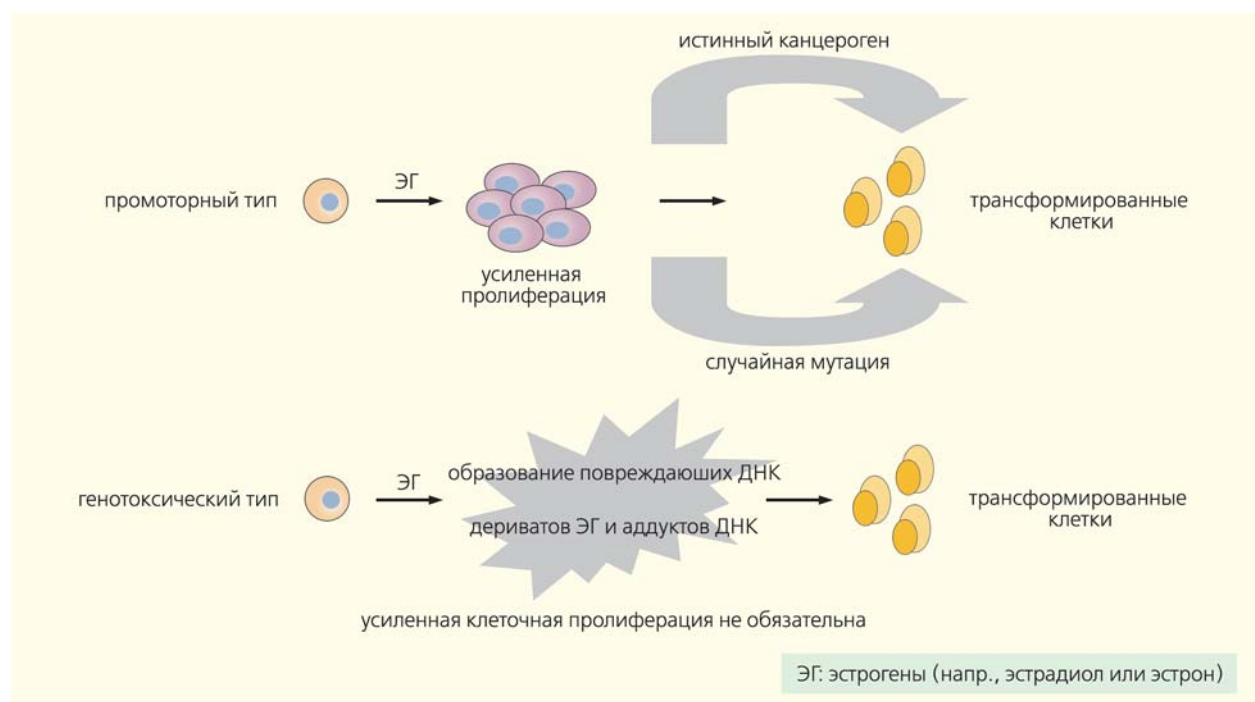


Рис.1. Типы и механизмы гормонального (эстроген-индуцированного) канцерогенеза.

тов может быть характерна не только для гормон-ассоциированного опухолевого роста, но и для других видов хронической неинфекционной патологии у человека. Не исключено также, что она присуща не только эстрогенам, но и некоторым другим гормонам и гормоноподобным веществам. Признание этого факта привело нас к формированию представления об эндокринно-генотоксических переключениях [9]. Под этим понимается индивидуально-обусловленная (т.е. свойственная определенному человеку) реакция на гормоны или метаболиты, которая реализуется в виде эндокринного (гормонального, Н) или ДНК-повреждающего (генотоксического, G) эффекта с преимущественным сдвигом в сторону второго из них.

Для примера рассмотрим метаболизм глюкозы, которая регулярно образуется в организме и поступает в него извне. Среди ее эффектов выделим два: способность индуцировать в поджелудочной железе секрецию инсулина (гормональный эффект) и стимулировать образование реактивных форм кислорода, которые в определенных условиях вызывают повреждение ДНК (генотоксический эффект). Соотношение этих двух «ответов» при глюкозной нагрузке (в том числе пищевой) может варьировать от человека к человеку. Это позволяет приписать двойственную функцию глюкозы и ее соответствующее изменение к одному из важных компонентов эндокринно-генотоксических переключений. Аналогично такой бинарности глюкозы и действие эстрогенов, отражающееся в переключении эстрогенного эффекта. Это и заставило нас посмотреть на особенности жировой ткани и, в частности, маммарного жирового депо под подобным же углом зрения [9].

Выбор объекта для проведенного нами исследования определялся как минимум двумя причинами. Первая — важная

Таблица

**Маркеры гормональных и генотоксических свойств жировой ткани**

адипогенотоксикоз	
гормональные маркеры	генотоксические маркеры
лептин*	ФНО*
адипонектин	ИЛ-6*
эстрогенообразование (ароматаза)**	НО (p-в Грисса)
	ТБРП (МДА) макрофагальная инфильтрация (CD68)***
	эстроген-4-гидроксилаза (CYP1B1)***
	8-OH-dG*

\* иммуноферментный анализ проб из среды культивирования

\*\* радиометрическим методом

\*\*\* иммуногистохимия

расшифровка сокращений — в тексте

роль жировой ткани, ожирения и сниженной чувствительности к инсулину в наблюдаемой сегодня заболеваемости и смертности населения в развитых и особенно развивающихся странах. Вторая, не менее существенная причина — сведения, указывающие на взаимодействие маммарного жира с эпителием молочных желез и недостаточная изученность связи ожирения с раком молочной железы. Как следствие, мы попытались рассмотреть свойства маммарного жира (колчана) и продуцируемых им продуктов (испускаемых стрел) с позиций *адипогенотоксикоза* (т.е. соотношения гормональных и прогенотоксических эффектов), найти факторы, объясняющие сдвиг в ту или иную сторону, и связать его с агрессивностью течения рака молочной железы.

Для оценки *гормональных свойств* (Н) маммарного жира выбрали активность ароматазы (фермента, способствующего образованию классических эстрогенов) и содержание лептина и адипонектина в среде ее 4-часовых инкубатов. *Генотоксические свойства* (G) оценивали по содержанию в инкубатах маммарного жира продуктов перекисного окисления липидов (ТБРП — малонового диальдегида и окиси азота), 8-дезоксигуанозина (8-OH-dG), фактора некроза опухоли (ФНО-альфа)

и интерлейкина-6 (ИЛ-6), а также по активности макрофагальной инфильтрации жировой ткани (по CD68) и по экспрессии в последней фермента эстроген-4-гидроксилазы (CYP1B1), катализирующего образование канцерогенных и генотоксичных производных эстрогенов: 4-гидроксиэстрадиола и 4-гидроксиэстрона (табл.).

Все эти маркеры помогают выяснить, когда в маммарном жире преобладает «генотоксичность», с какими факторами связан сдвиг и сопряжен ли он с параметрами, свидетельствующими о неблагоприятном течении рака. Сначала удалось установить, что у женщин в менопаузе в жировой ткани, с одной стороны, повышено образование окиси азота и в особенности ФНО (G-параметры), а с другой — снижена продукция лептина и адипонектина (Н-параметры). После *менопаузы* соотношение ФНО/адипонектин заметно (в 1.7 раза) превосходит таковое у больных репродуктивного возраста. Это свидетельствует об определенном перевесе в первом случае провоспалительных/генотоксических факторов над гормональными. Примерно так же (в 1.6 раза) отличались эти группы по маркеру окислительного повреждения ДНК, 8-OH-dG. Напротив, содержание в маммарном жире продуктов перекисного окисления и экс-



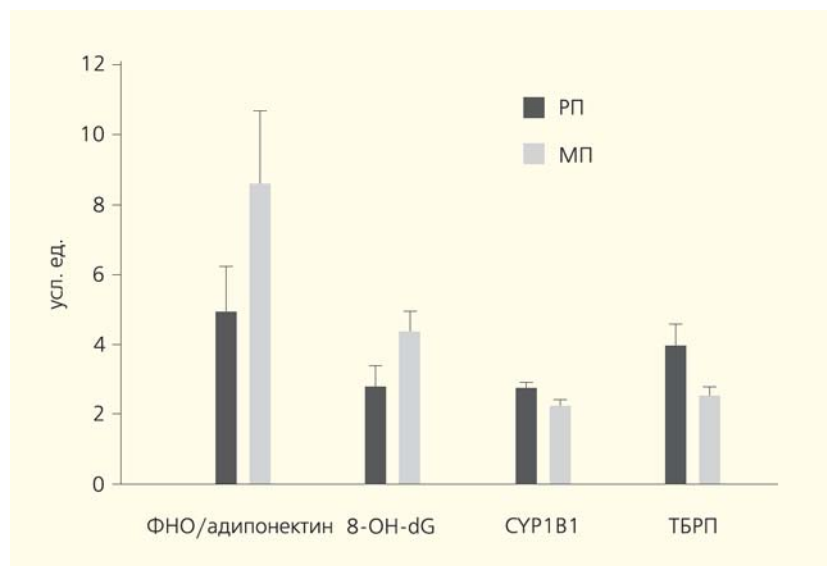


Рис.2. Соотношение ФНО/адипонектин, содержание тиобарбитурат-реактивных продуктов (ТБРП) и 8-дезоксигуанозина (8-OH-dG) в инкубатах маммарного жира и экспрессия в нем эстроген-4-гидроксилазы (CYP1B1) в репродуктивном (РП) и менопаузальном (МП) возрасте.

прессия катализатора образования 4-гидроксиэстрогенов, CYP1B1 (G-параметры) были существенно повышены у больных с сохраненным менструальным циклом (рис.2). Таким образом, «прогенотоксическое повреждение», характеризующее состояние маммарного жира, не привязано лишь к относительно позд-

ним этапам онтогенеза, и не исключено, что именно это способствует тому, что достаточно молодые женщины болеют раком молочной железы.

Для выяснения роли локальных, системных и внешних факторов в соотношении прогенотоксических и гормональных свойств жировой ткани исследо-

вали образцы маммарного жира, полученные во время операции по поводу рака молочной железы (попарно на расстоянии 1.5–2 см около и не менее 5 см от опухоли). Кроме того, изучали связь особенностей маммарного жира, расположенного вблизи от новообразования, с долей жира в молочной железе (фактор «местного значения»), с системной нормо- или гипергликемией и массой тела, а также у курящих и некурящих женщин.

Как выяснилось, локализация маммарного жира не влияет на интенсивность секреции лептина, адипонектина (H-параметры), ФНО-альфа, а также на содержание ИЛ-6, окиси азота и на «заселение» жира гистиоцитами/макрофагами — макрофагальную инфильтрацию (G-параметры). С другой стороны, при сравнении данных об активности в маммарном жире ароматазы (H-параметр) и экспрессии 4-гидроксилазы эстрогенов (CYP1B1) обнаружили, что в «близком» жире активность ароматазы (у всех больных и в менопаузе) и экспрессия CYP1B1 (в репродуктивном периоде) оказались более высокими (рис.3).

Таким образом, близость опухоли в большей степени отражается на стероидной функции маммарного жира [10], но почти не влияет на соотношение его гормональных и прогенотоксических свойств. Последнее говорит о том, что «генотоксичность» маммарного жира мало зависит от субстанций, продуцируемых самим новообразованием, а значит, «генотоксичность» скорее предшествует возникновению опухоли, чем определяется ее существованием.

Нам также удалось установить, что у женщин с признаками нарушений углеводного обмена (повышение уровня глюкозы в крови натощак или после пищевой нагрузки) секреция жиром лептина, окиси азота и ФНО-альфа, а также активность в нем ароматазы и экспрессия 4-гидроксилазы эстро-

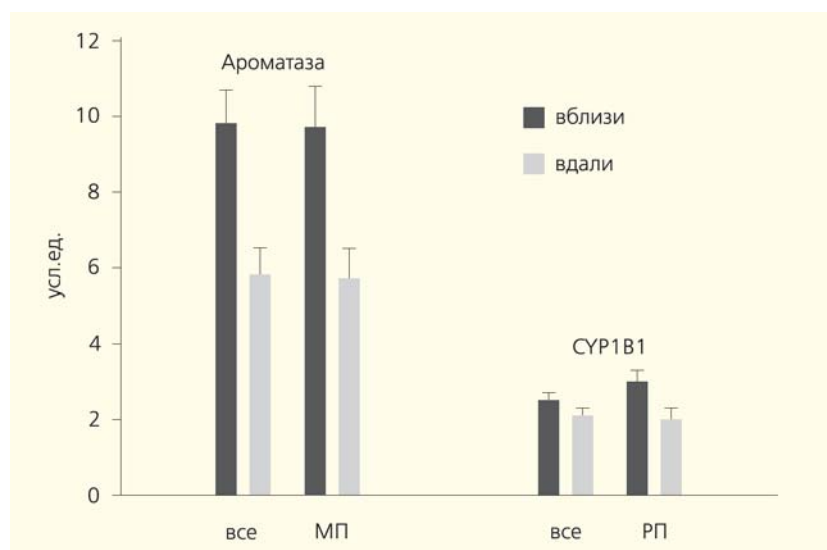


Рис.3. Активность ароматазы и CYP1B1 в маммарном жире: роль локализации жировой ткани по отношению к опухоли. Все — все больные; МП — менопаузальный период; РП — репродуктивный период.

генов (CYP1B1) не меняется. Однако по сравнению с больными с нормогликемией у них снижена продукция адипонектина (Н-параметр), но повышены секреция ИЛ-6 (G-параметр) и соотношение ИЛ-6/адипонектин. У *курящих* больных по сравнению с некурящими усилена тенденция к G-сдвигу, проявившаяся в большем накоплении в маммарном жире тиобарбитурат-реагирующих продуктов перекисного окисления и в особенности фактора некроза опухоли (ФНО-альфа).

Определив у части больных до операции *долю жира в молочной железе*, мы сопоставили эти сведения с параметрами, характеризующими Н- или G-свойства маммарного жира. Выяснилось, что у больных с большей долей жира снижена секреция лептина и повышена секреция ИЛ-6 (рис.4). Никакой связи с массой тела при этом установить не удалось.

Таким образом, перечисленные выше факторы: *системный* (нарушение толерантности к глюкозе, но не избыток массы тела), *внешний* (курение) и *локальный* (доля жира в молочной железе) в большей степени, чем близость опухоли к маммарному жиру, могут способствовать прогенотоксическому «переключению», или адипогенотоксикозу. Этот факт имеет не только фундаментальное, но и практическое значение, здесь необходимо понять, не сочетается ли сдвиг в прогенотоксическую сторону в маммарном жире с какими-либо клинко-морфологическими особенностями рака молочной железы.

Ответ на этот ключевой вопрос мы попытались получить, исходя из характеристик опухоли (стадии, размеров и др.) и свойств маммарного жира у тех же пациентов. Анализ выявил повышенную активность ароматазы в жировой ткани в новообразованиях стадии III (в сравнении со стадией I) и с размером  $\geq 3$  см. При поздних стадиях также отмечена тенденция к увеличению

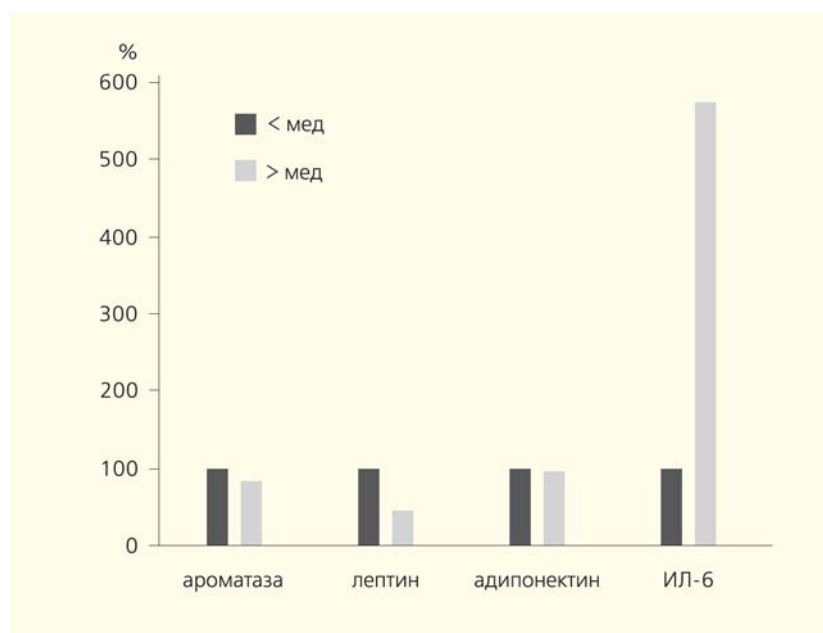


Рис.4. Сопоставление доли жировой ткани в молочной железе с величиной некоторых параметров, характеризующих ее Н- и G-свойства. Группа с долей жира меньше медианы (< мед.) принята за 100%.

продукции в жировом депо ИЛ-6 и особенно к накоплению в нем маркера оксидативного повреждения ДНК 8-OH-dG. Напротив, секреция маммарным жиром адипонектина (Н-параметр) у больных на III стадии снижалась по сравнению с более ранними этапами заболевания. Еще один Н-параметр (секреция лептина) снижался при раке, характеризующемся поражением регионарных лимфоузлов. В то же время показатель, характерный для «ге-

нотоксического сдвига» в жировой ткани (секреция ФНО-альфа), достоверно повышался у больных с более высокой степенью злокачественности.

Кроме того, маммарная жировая ткань отличается избыточной экспрессией G-маркеров при менее гормоночувствительных опухолях с типичной для них положительной реакцией на цитокератины 5/6, что характерно для базального эпителия (рис.5). Это проявлялось

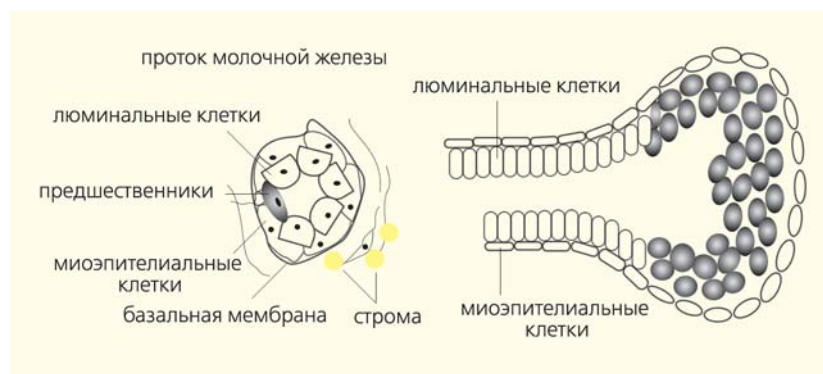


Рис.5. Топографические соотношения базального и люминального эпителия молочной железы с клетками маммарного жира. Адипоциты (желтый цвет) — часть стромы и располагаются ближе к базальному (как правило, эстрогенрецептор-негативному), а не к люминальному (эстрогенрецептор-позитивному) эпителию.

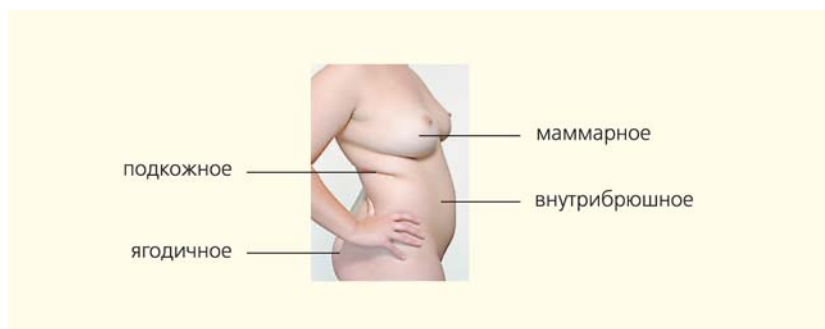


Рис.6. Жировые депо с разными биохимическими и эндокринными свойствами.

в более высоком образовании вторичных продуктов перекисного окисления липидов, накоплении 8-OH-dG, усиленной макрофагальной инфильтрации и экспрессии CYP1B1.

В целом полученные результаты показывают, что прогенотоксические свойства маммарной жировой ткани чаще, чем гормональные, сочетаются с неблагоприятным течением рака молочной железы. Исключением оказалась активность арома-

тазы (эстрогенсинтетазы), что объясняется стимулирующей ролью природных эстрогенов при данном заболевании и их способностью превращаться в ДНК-повреждающие производные.

Необходимость ответить на классические вопросы (кто виноват и что делать) заставляет разделить проблему как минимум на три части. С одной стороны, маммарный жир — одно из своеобразных жировых де-

по, характеристики которого и в нормальных условиях могут отличаться от особенностей жира, залегающего в других областях (рис.6).

Две другие стороны вопроса имеют в основном «патофизиологический оттенок», и их изучение находится на грани или за гранью перехода от нормы к патологии. В частности, адипогенотоксикоз не следует рассматривать как нечто изолированное, поскольку этот феномен входит в триаду эндокринно-генотоксических переключений, возникающих при развитии одних и тех же хронических неинфекционных заболеваний (рис.7).

Наконец, в-третьих, полученные результаты в целом подтверждают, что «перевес» прогенотоксических свойств жировой ткани над гормональными может способствовать более агрессивному течению рака в молочной железе. Это говорит о необходимости использовать

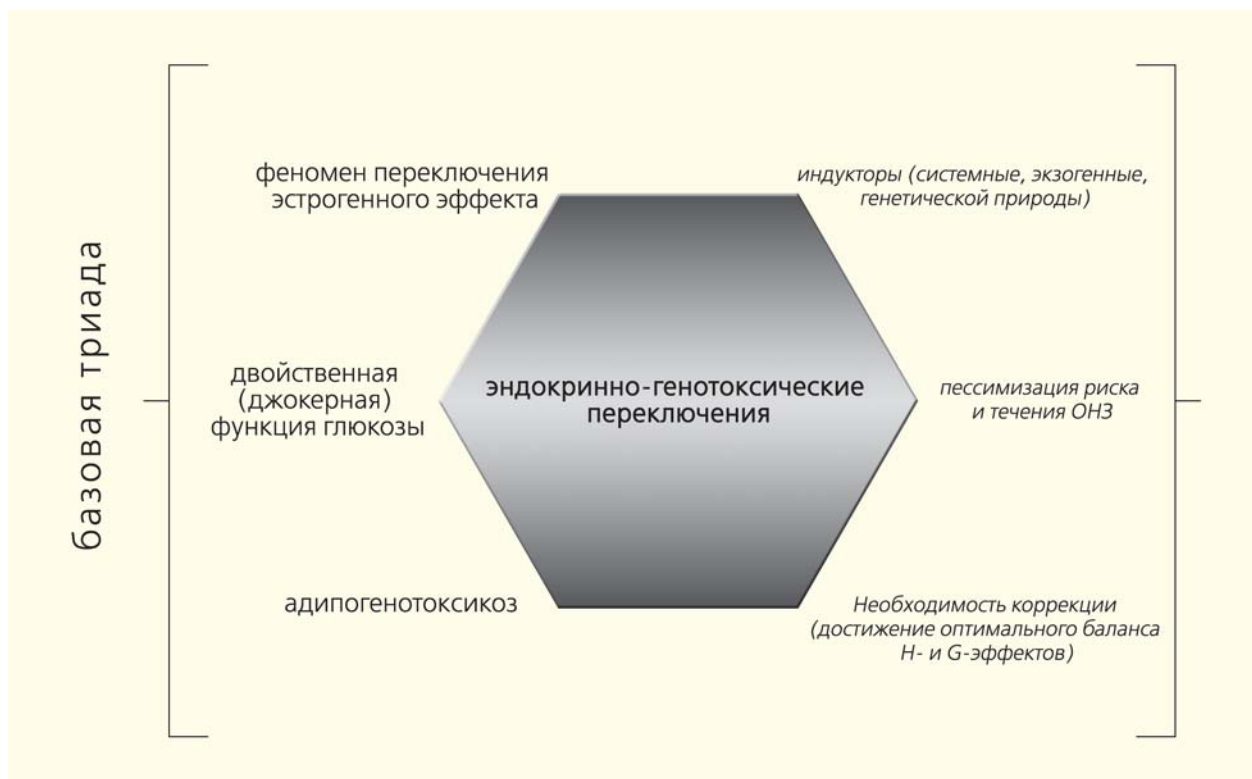


Рис.7. Схема эндокринно-генотоксических переключений, их индукторы и последствия. Н — гормональный/эндокринный эффект, G — ДНК-повреждающий/генотоксический эффект; ОНЗ — основные неинфекционные заболевания.



и соответствующие меры и средства, избирательно влияющие на маммарный жир как на важный источник прогенотоксических факторов, продуцируемых вблизи от маммарного эпителия. Здесь помимо био-

и генотерапии могут быть эффективны антигенотоксиканты (например, N-ацетилцистеин) и препараты с плеiotропным действием типа бигуанидов (метформин), а также ингибиторы mTOR1 и mTOR2 (дерива-

ты рапамицина, торин1) и синтетазы жирных кислот (орлистат) [11]. Хочется надеяться, что эти «ловцы стрел» окажутся не менее действенными, чем сказочная Царевна-лягушка или мифоподобный ниндзя... ■

**Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 06-04-48159.**

## Литература

1. Sternlicht M.D. Key Stages in Mammary Gland Development: the Cues That Regulate Ductal Branching Morphogenesis // *Breast Cancer Res.* 2006. V.8. №1. P.201—210.
2. Берштейн Л.М. Раннее возникновение рака молочной железы: фетальное программирование, взаимодействие эндокринных, стволовых и генетических факторов // *Вопр. онкол.* 2008. Т.54. №3. С.260—267.
3. Celis J.E., Moreira J.M., Cabezon T. et al. Identification of Extracellular and Intracellular Signaling Components of the Mammary Adipose Tissue and Its Interstitial Fluid in High Risk Breast Cancer Patients: Toward Dissecting The Molecular Circuitry of Epithelial-Adipocyte Stromal Cell Interactions // *Mol. Cell Proteomics.* 2005. V.4. P.492—522.
4. Iyengar P., Espina V., Williams T.W. et al. Adipocyte-Derived Collagen VI Affects Early Mammary Tumor Progression In Vivo, Demonstrating a Critical Interaction in the Tumor/Stroma Microenvironment // *J. Clin. Invest.* 2005. V.115. P.1163—1176.
5. Панков Ю.А. Жировая ткань как эндокринный орган, регулирующий рост, половое созревание и другие физиологические функции // *Биохимия.* 1999. Т.64. №6. С.725—734.
6. Kershaw E.E., Flier J.S. Adipose Tissue As an Endocrine Organ // *J. Clin. Endocrinol. Metabol.* 2004. V.89. P.2548—2556.
7. Walter M., Liang S., Ghosh S. et al. Interleukin 6 Secreted From Adipose Stromal Cells Promotes Migration and Invasion of Breast Cancer Cells // *Oncogene.* 2009. V.28. P.2745—2755.
8. Lin Y., Berg A.H., Iyengar P. et al. The Hyperglycemia-Induced Inflammatory Response in Adipocytes: the Role of Reactive Oxygen Species // *J. Biol. Chem.* 2005. V.280. P.4617—4626.
9. Берштейн Л.М., Цырлина Е.В., Ковалевский А.Ю. и др. Эндокринно-генотоксические переключения как промотор основных неинфекционных заболеваний // *Вестн. РАМН.* 2008. №1. С.12—18.
10. Miller W.R. Estrogen and Breast Cancer. Austin, 1996.
11. Tennant D.A., Duran R.V., Gottlieb E. Targeting Metabolic Transformation for Cancer Therapy // *Nat. Rev. Cancer.* 2010. V.10. P.267—277.

# Карпатские землетрясения 1940 года

А.А.Никонов

Карпатское глубокофокусное землетрясение в конце 1940 г. — сейсмическое событие, выдающееся в новейшей истории Восточной Европы. За последние 200 лет оно оказалось сильнейшим из возникавших во Вранчской очаговой зоне. Магнитуда одного из толчков составила  $7.3 \pm 0.3$  при глубине  $150 \pm 10$  км [1]. В отличие от большинства других Карпатских глубокофокусных землетрясений, событие 1940 г. представляло собой рой сильных толчков, происходивших с июня по ноябрь. Прошло 60 лет.

Как и в других случаях, сейсмические колебания от данного землетрясения распространились далеко по Восточно-Европейской платформе [2—4]. Тем не менее именно для событий 1940 г. отсутствует картографическое изображение макросейсмического поля в северных и восточных румбах, т.е. преимущественно в пределах современной России. Нечего и говорить о важности такой работы в современных условиях, особенно учитывая повторение сотрясений из Карпатского очага [5].

Рисовка изосейст далее Киева практически не проводилась вовсе, а если проводилась, то основывалась всего на нескольких пунктах. Более того, не указывались правила проведения изосейст. В результате карты у разных авторов сильно различались [2—4, 6, 7]. В центральной зоне в некоторых случаях



*Андрей Алексеевич Никонов, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник Института физики Земли им.О.Ю.Шмидта РАН. Область научных интересов — сейсмо тектоника, палеосейсмичность, природные опасности. Постоянный автор «Природы».*

изосейсты проводились по рассчитанным предшественниками средним радиусам, т.е. довольно условно. Самое же главное состоит в том, что почти все работы ограничивались изображением макросейсмического поля в пределах ближней и средней зон, лишь в малой степени выходя на Восточно-Европейскую платформу.

## Макросейсмические материалы

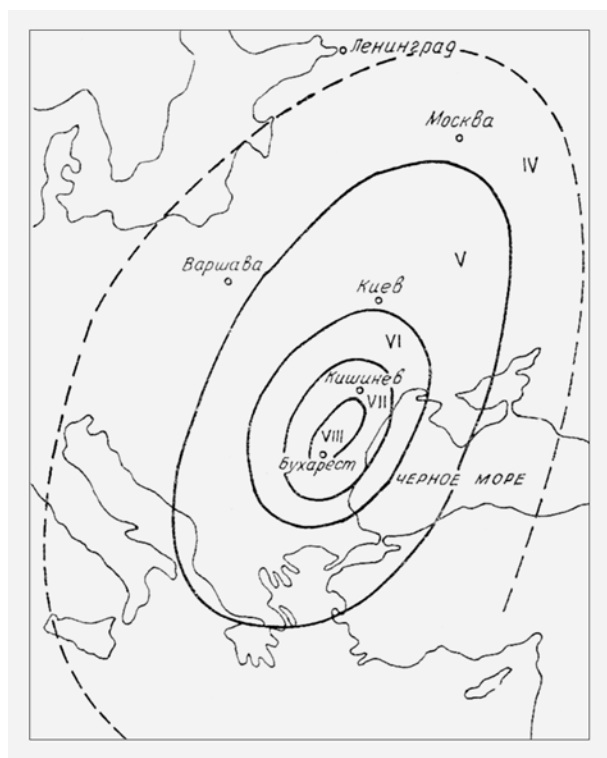
Для восполнения важных пробелов были собраны макросейсмические материалы из множества разнообразных источников, в том числе ранее неизвестных. Нужно было составить представление о макросейсмическом поле и пределах ощутимых колебаний на территории России и сопредельных государств, чтобы получить не одну сводную карту, как это делалось раньше, а набор отдельных карт для каждого сильного толчка.

По Карпатским землетрясениям в июне—ноябре 1940 г. удалось собрать информацию из нескольких десятков источников (табл.1), а по отдельным толчкам появились сведения даже из нескольких источников.

Для трех относительно слабых событий получены данные всего из семи-восьми пунктов, но все они отражены на отдельных схемах. К северу и северо-востоку от границ Украины имеются сведения для более сильных толчков 22 октября и 10 ноября в 01 ч 40 мин и 01 ч 45 мин, которые в основном мы и рассматриваем. На карте Г.П.Горшкова 1940 г. [2] для этих зон указано 10 пунктов, теперь их — 36.

Уже при июньском, слабом по Карпатским меркам, землетрясении, с интенсивностью в эпицентре всего  $V-VI \pm 1$  [1, 3] баллов, изо-





Карта изосейст землетрясения 10 ноября 1940 г. [6].

сейстой IV балла была охвачена площадь в 200 тыс. км<sup>2</sup>. А при сильнейшем, 10 ноября, площадь оказалась почти в 10 раз больше! Это связано с тем, что очаги Карпатских (Вранчских) землетрясений располагаются значительно глубже подошвы земной коры.

Некоторые авторы, рассматривая и изображая на картах землетрясение 10 ноября, не уточняют, о каком толчке идет речь. Горшков считал, что на огромную площадь распространился толчок, произошедший в 01 ч 36 мин [2]. В базовом каталоге [1] сильнейшими признаны толчки 22 сентября ( $M = 6.2 \pm 0.5$ ) и 10 ноября ( $M = 7.3 \pm 0.3$ ) в 01 ч 39 мин 07 с (01 ч 40 мин). Толчки 22 октября в 06 ч 37 мин ( $I_0 = VII \pm 0.5$ ) и 10 ноября в 01 ч 39 мин ( $I_0 = IX \pm 0.5$ ) ощущались на платформе вплоть до Москвы (II—III и III—IV балла соответственно).

Между тем, по собранному данным, наиболее полно обеспеченным макросейсмическими сведениями, самым сильным стал толчок 10 ноября

в 01 ч 45 (47) мин. Для шести пунктов получены сведения по толчку 10 ноября в 01 ч 39 (40) мин (колебания ощущались до Полтавы,  $I \geq IV$ ) и для 36 пунктов для толчка 01 ч 45 (47) мин (колебания дошли до Санкт-Петербурга,  $I = III$ ). В базовом же каталоге [1] такое событие вообще отсутствует. Нет сведений и об афтершоках 11 и 19 ноября с глубиной очага также около 100 км, не упоминаются землетрясения 3 октября и 10 ноября в 01 ч 36 мин. Хотя последнее в приэпицентральной области с интенсивностью VII и VIII баллов отмечалось в городах Аккермане и Болграде и не могло не достичь южных областей России. Вместе с тем в каталоге [1] зафиксировано сотрясение 8 ноября 1940 г. с  $I_0 = VI \pm 1$  баллов и  $M = 5.3 \pm 0.5$ . Однако никаких макросейсмических сведений по нему в других источниках не обнаружено.

Получается, что в базовом каталоге неполно учтены сильные события 10 ноября, а также отсутствует зарегистрированное сейсмостанциями в Кишиневе и Москве событие 3 октября 1940 г. [1]. Перед попыткой разобраться в этих несоответствиях приведем несколько неизвестных и малоизвестных характеристик сотрясений для наиболее сильного толчка (10 ноября в 01 ч 45 мин) в отдельных городах (с севера на юг).

### Свидетельства очевидцев

«Во Владимире люди проснулись. Замечено сотрясение домов, деревьев (интенсивность III—IV балла. — А.Н.). Ощущалось в ряде сел вокруг г.Владимира» [8].

В Москве землетрясение «ощущалось уже повсеместно не только в пределах города, но и в окрестностях значительно сильнее, чем в октябре. Толчки многих разбудили, всякие предметы явно раскачивались. В некоторых домах остановились маятники стальных часов. Слышался звон посуды, жидкость в сосудах сильно колебалась и даже выплескивалась. В ряде помещений пострадала штукатурка, появились небольшие трещины» [9]. Сотрясения достигали IV баллов.

Значительно слабее отозвалось в Москве сотрясение, случившееся утром 22 октября: «в Москве сидевшие за столом или лежавшие в постели испытывали плавное колебание, наподобие легкой качки. В верхних этажах заметно было качание люстр, колебание растений с высоким стеб-

**Таблица 1**

**Пункты с устанавливаемыми интенсивностями сотрясений в июне—ноябре 1940 г. (для толчков с  $I \leq VII$ )**

Дата и время (по Гринвичу) толчка	24 июня	22 октября	10 ноября		
			01 ч 35 (36) мин	01 ч 39 (40) мин	01 ч 45(50) мин
Число пунктов с макросейсмическими данными	7	16	7	8	36

лем, колыхание жидкостей в сосудах и аквариумах» [9].

В Калуге 10 ноября произошел внезапный толчок, как бывает при остановке поезда, затем начали плавно качаться кровати и висят лампочки [10]. Это также соответствует IV баллам.

В Минске отмечалось сотрясение кровати, продолжавшееся несколько минут (вероятно, был не один толчок), люди проснулись [10]. Силу сотрясений можно оценить в IV балла.

В Воронеже произошло следующее: «Сегодня в 4 ч 30 мин ночью от стука дверцы гардероба проснулись я, жена и дочь; дверцы открывались и закрывались, абажуры качались во все стороны, кровати на роликах двигались, и слышно было содрогание квартиры, как будто бы проходил тяжелый танк» [11. С.74]. Колебания с такими признаками соответствуют уже V баллам макросейсмической шкалы (правда, не сообщено, на каком этаже жил наблюдатель).

В Киеве жителей разбудили сильные подземные толчки. В некоторых квартирах открывались двери, во многих домах остановились стенные часы, скрипела мебель, трескали балки перекрытий, качались люстры, на столах и в шкафах звенела посуда, в высоких домах возникли трещины, осыпалась штукатурка [11–13]. Интенсивность определяется IV–V баллов.

Во многих домах Харькова звенели стекла окон, скрипели полы и мебель, качались электрические лампочки. Многие часы остановились в 4 ч 45 мин утра. По ул.Клары Цеткин, 23 разрушилась внутренняя стена одной квартиры. Несколько домов дали небольшие трещины [14].

В Запорожье «летом 1940 г. ночью вся семья (муж, жена и двое детей) спали. Жена проснулась, окликнула мужа, так как чувствовала, что кровать двигалась. Под потолком качалась лампа. Муж сказал: “Это землетрясение”» [15]. (В 1940 г. ночью произошло столь сильное землетрясение только в ноябре, в 04 ч 45 мин местного времени. Указание на летний сезон — ошибка очевидца за давностью лет.)

Из Винницы сообщили о сильных толчках (не об одном!) в 04 ч 42 мин, особенно заметных на верхних этажах. Хлопали двери, качались висятые предметы, расплескалась вода в бочке. Наблюдатель проснулся, попытался встать и не смог устоять на ногах [10]. Последние сведения дают основание полагать, что поздний толчок оказался сильнее предыдущего. Интенсивность определяется в V баллов для раннего и в VI — для более позднего.

Известный спелеолог В.Н.Дублянский вспоминает о событиях в Одессе: «1939. Землетрясения в Румынии ощущались в Одессе как VI–VII-балльные. Первое из них произошло ночью, и почему-то весь наш дом (более десятка семей) сбежался к нам в темную комнату под лестницей... Мать, как могла, успокаивала их, а мне поручила подобрать

книги с рисунками результатов разных землетрясений...Через несколько дней произошел второй толчок. Это случилось днем во время занятий и поэтому было намного страшнее, хотя город пострадал слабо (обвалилась штукатурка, покосились отдельные трубы)» [16. С.13].

Здесь мы также обнаруживаем неточность в указании года: речь идет о землетрясениях в ноябре 1940 г., ибо в 1939 г. в Карпатах случилось лишь одно слабое событие в сентябре, и к тому же в 9 ч утра (по местному времени). Указания времени суток (первого — ночью, второго — днем) соответствуют толчкам в 4 ч 45 мин 10 ноября и в 9 ч 35 мин 11 ноября (когда в школах уже шли занятия).

Имеются независимые свидетельства разрушения стен, падения балконов и карнизов во многих домах города, повреждения потолков и стен в гостинице «Пассаж» и в других четырех-пятиэтажных зданиях при первом толчке [10].

Об ослаблении интенсивности сотрясений с юга на север и от очаговой области на северо-восток при основном толчке 10 ноября стало ясно уже из первых сообщений, сразу после землетрясения. Но из собранных нами макросейсмических сведений вытекает еще одно важное обстоятельство.

В русских и украинских газетах того времени помимо единичных перепечаток сообщений западных информационных агентств приводились скупые и большей частью малоинформативные сведения о реальных сейсмических проявлениях на территории СССР. Тем не менее кое-какую полезную в сейсмическом отношении информацию извлечь удалось. Появлялись некоторые конкретные сведения о воздействиях в Киеве и Одессе, расширился список городов, откуда поступали сообщения о землетрясении, правда без фактов и оценок интенсивности, а главное — без указания точного времени. Между тем, агентство Ассошиэйтед Пресс от собственного корреспондента в Бухаресте сообщило, что в Румынии главный утренний толчок 10 ноября (без указания точного времени) проходил в два этапа, с 5-секундным промежутком, по 15 с каждый. Это вполне реалистично и, учитывая большую (130–150 км) глубину очага, можно интерпретировать как приход к поверхности сначала продольной, а затем поперечной волны. В таком случае длительность сотрясений на Украине рано утром 10 ноября истолковывается как указание на несколько толчков [17]. О нескольких толчках сообщали и украинские газеты. Однако в базовом каталоге [1] за весь день отражен лишь один толчок со временем в очаге 01 ч 39 мин 07 с. Последующие явно пропущены. Это подтверждается и рядом независимых данных. Из Одессы поступили сведения, что жители ранним утром 10 ноября были разбужены двумя сильными подземными толчками [12].



Опросные данные в Кишиневе (в 1960 г., — первичные материалы там погибли во время войны) показывают, что в 4 ч 40 мин по московскому времени жителей города разбудил довольно сильный толчок (интенсивность  $\geq VI$  баллов). После кратковременного затишья, когда часть людей успела выбежать из домов (явно несколько минут), земля буквально заходила под ногами, трудно было удержаться на ногах, деревья качались, как от сильной бури, упали тяжелые бетонные будки для расклейки афиш. В городе разрушились 172 здания, и 500 получили серьезные повреждения. Погибло около 100 человек [18].

Именно второе, главное, сотрясение скорее всего ощущалось на советском судне «Красный Профинтерн» в румынском городе Галац [19]. Капитан отметил его в 04 ч 43 мин (по московскому времени), причем удары в корпус судна продолжались 2—3 мин (!). Оно же должно было ощущаться как главное и в пределах России (до Владимира, Великих Лук, Ленинграда), и даже в Финляндии.

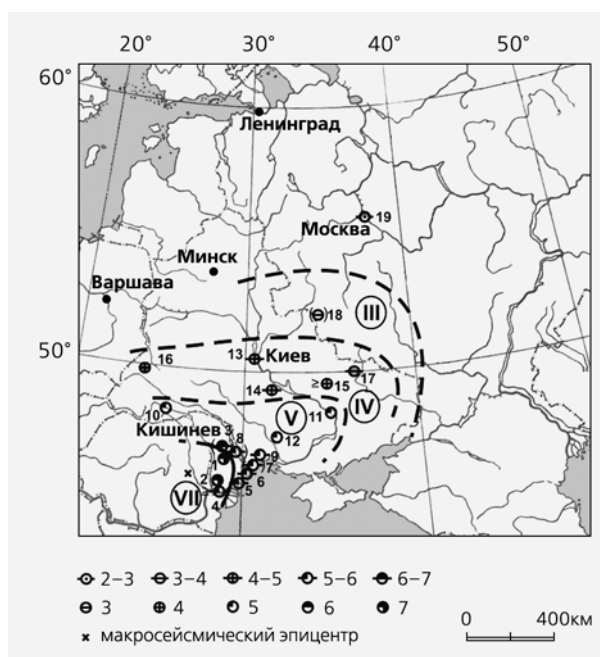
### Главное событие

Для уточнения и выделения отдельных реальных событий, в первую очередь отсутствующих в базовом каталоге [1], мы использовали два подхода — по точным указаниям и по расчетам. Известно, что событие 22 октября 1940 г. произошло на расстоянии около 1200 км от Москвы. Сейсмостанция «Москва» зарегистрировала его в 06 ч 39 мин (по Гринвичу). А время в очаге определено в 06 ч 37 мин. Иными словами, на этом (почти максимальном) расстоянии время «добегания» не превысило 2 мин. Ныне скорость сейсмических волн под Восточно-Европейской платформой ниже границы Мохоровичича определяется в среднем в 8 км/с, а в земной коре — в 6—7 км/с. Расчетное время «добегания» от очага составляет 1—1.5 мин в пределах Украины и 2—2.5 мин на территории России (до Москвы). Большие же расхождения во времени можно связать с промежуточными толчками. Их пропуск в базовом каталоге, составленном исключительно по записям сейсмографов, объясняется наложением колебаний. Так, видимо, произошло с толчком, отмеченным в городах Центральной России в 04 ч 45 мин (по московскому времени).

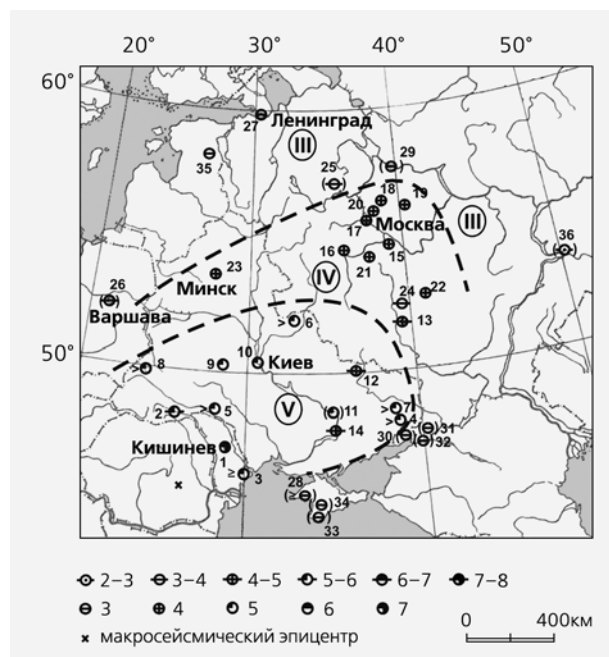
Для основного толчка 10 ноября в 01 ч 45 мин была построена уточненная карта макросейсмического поля в пределах дальней зоны (с сотрясениями V, IV, III баллов). Зоны сотрясений на ней вытянулись языками в северо-восточном направлении, что отмечалось и ранее [2, 3, 7]. Однако площадное распределение силы сотрясений изменилось. На восточном (юго-восточном) фланге фиксируется резкое затухание силы сотрясений, попадающее на полосу Северо- и Южно-Азовско-



Пример серьезного разрушения здания в Кишиневе 10 ноября 1940 г. [6].

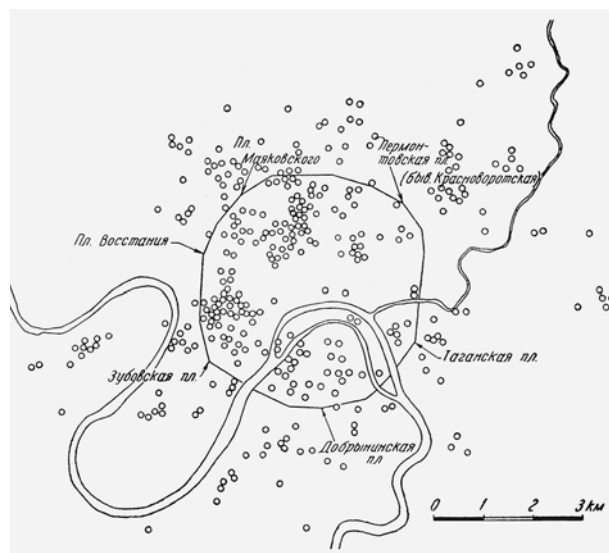


Макросейсмические данные о землетрясении 22 октября 1940 г. Составил А.А.Никонов.



Макросейсмические данные о главном толчке землетрясения 10 ноября 1940 г. Составил А.А.Никонов.

го разломов. На северо-западном фланге затухание значительно слабее, так что 3-балльные сотрясения отмечены лишь в удаленных пунктах — Варшаве, Тарту, Ленинграде. На юго-востоке снижение интенсивности сотрясений от V до III баллов произошло в полосе шириной около 150 км, а на северо-востоке — в зоне шириной около 1000 км. Города Центральной России (Владимир, Калуга, Москва, Орел, Тула) попали в зону 4-балльных сотрясений. По уточненным данным, 5-балльная



Пункты в Москве, откуда поступили сведения о толчке 10 ноября 1940 г. [3].

зона захватила только полосу у границы России с Украиной.

Уточнения интенсивности сотрясений на Восточно-Европейской платформе подтверждают наличие там анизотропии земной коры (и мантии) и глубинной сейсмопроводящей зоны северо-восточного простирания [20].

Снова обращаясь к специфике Карпатских глубокофокусных землетрясений осени 1940 г., необходимо прежде всего подчеркнуть, что это был именно рой землетрясений, из которых три события распространялись (правда, с интенсивностью всего IV и III балла) на российскую территорию. Подобное происходило только при очень сильных землетрясениях ( $M \geq 7.2$ ), таких как в 1230, 1445, 1802 и 1977 гг. (табл.2).

Сейсмические события 1940 г. во Вранчской зоне — тот редкий (если не единственный за многие сотни лет) для региона случай, когда возник крупный рой землетрясений. Фактически он начался в 1939 г. с события 5 сентября с  $M = 6.1 \pm 0.3$  и продолжался до 19 ноября 1940 г. В базовом каталоге [1] за этот период отражено семь событий с  $M \geq 5.3 (\pm 0.5)$ . Но, оказывается, два сильных землетрясения (10 ноября в 01 ч 42 мин и 01 ч 45 мин по Гринвичу), последовавших сразу за основным толчком (в 01 ч 39 мин 07 с), в него не попали. Между тем они также были глубокофокусными и в ближней зоне на поверхности имели эффект около VI баллов и, скорее всего, магнитуду  $\approx 5.3-5.8 (\pm 0.5)$ .

Таким образом, если учитывать огромную энергию, которая выделилась суммарно из данного очага в 1940 г., энергия роя существенно превышает энергию, выделенную в 1802 г., когда, как считается, во Вранчской зоне случилось сильнейшее во 2-м тысячелетии событие [1, 21].

## И что в итоге?

А что вносят нового приведенные выше уточнения для прогноза сейсмической опасности в России?

Фактически подтверждается вывод о слабых сотрясениях на российской территории даже от столь сильных событий, как Карпатское 1940 г. Даже в южных городах России (как и на Левобережной Украине) сотрясения не превышали IV—V баллов. Подобные события обычно практически безвредны. Однако в данном случае делать такой вывод не следует. Сейсмологам хорошо известно, что даже слабое сотрясение расшатывает здания и создает в них невидимые повреждения. При их повторении дефекты аккумулируются, наращиваются, делая сооружения менее стойкими к подобным воздействиям. И поскольку речь идет о серии толчков в течение нескольких лет, ряд даже слабых событий не может не привести к негативным с точки зрения прочности строений последствиям. Эффект расшатывания осо-



**Таблица 2****Интенсивность сотрясений в некоторых городах Восточно-Европейской платформы при землетрясениях во Вранчском очаге**

Города (с севера на юг)	Дата, магнитуда				
	10 мая 1230 г., 7.1±0.7 (7.5)	26 октября 1802 г., 7.4±0.5	10 ноября 1940 г., 7.3±0.3	4 марта 1977 г., 7.2±0.2	30 августа 1986 г., 6.8±0.2
	Интенсивность, баллы				
Петербург		III	III	III	HO
Новгород	III–IV		HO	HO	HO
Владимир	IV–V		III–IV		II–III
Варшава		IV	IV	HO	HO
Минск			III–IV	IV	III
Москва		IV	IV	IV	III
Воронеж		IV–V	IV–V	IV	III–IV
города Донбасса		IV–V	>V	IV	III
Киев	V–VI	V–VI	V	IV–V	IV

HO — не ощущалось.

бенно касается верхних этажей, где он систематически возрастает на I–II балла макросейсмической шкалы.

При землетрясении 22 октября 1940 г. (в Москве оно ощущалось с силой II–III балла) получены сведения и из г.Севска Орловской обл. Наверху пожарной каланчи (видимо, перестроенной бывшей колокольни) высотой с пятиэтажный дом

сила колебаний соответствовала примерно V–VI баллам. В самом же Орле при гораздо более сильном ноябрьском землетрясении она не превышала III–IV баллов.

Тогда в городах верхними были 5–8-е этажи. А ныне?

Между тем новое сильное землетрясение во Вранчском очаге в Карпатах в XXI в. неизбежно.



Землетрясение. Гравюра на меди чешского художника И.Бертлера (1802 г.). Возможно, создана по мотивам карпатского события 1802 г.

Последний раз оно случилось 4 марта 1977 г., потревожив и Украину, и Россию [22]. Следующее (и, возможно, не одиночное), без сомнения, также вторгнется на нашу территорию, теперь уже застроенную небоскребами, к тому же подтопленными подземными водами и воздвигнутыми на насыпных грунтах...

Всякое ретроспективное рассмотрение событий ценно в том отношении, что может так или иначе быть обращено и вперед. Вранчский очаг «работает» довольно регулярно. По наблюдениям с XI в., отраженным в русских летописях, сильные сейсмические события возникают в нем два-три раза в столетие. Точно определить время наступления следующего сейсмологи еще не могут. Но попытки предсказания не иссякают.

Известный сейсмолог Ж.Пуркару признал опасным периодом 2000—2012 гг. Директор Института геофизики Румынии заявлял о возможности землетрясения 17—19 марта 2010 г. Российский специалист Л.Н.Дода по аномальной форме облачного покрова (прослеживаемой из космоса) над зоной Вранча предупредил о возможности толчков в августе. Как минимум, все это отражает уровень ожиданий и беспокойства. Все правы в том, что событие грядет и час икс приближается.

Свою норму XX в. выполнил вполне. Можно не сомневаться, XXI в. тоже в долгу не останется. Впрочем не в этом.

А в том, как готовятся к этому далеко не торжественному событию многочисленные города-высотники? ■

## Литература

1. Новый каталог землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1974 г. / Отв. ред. Н.В.Кондорская, Н.В.Шебалин. 1977.
2. Горшков Г.П. Карпатские землетрясения // Вестник знания. 1940. №11—12. С.14—19.
3. Медведев С.В. О последствиях Карпатских землетрясений 1940 г. // Труды Геофиз. ин-та АН СССР. 1948. №1 (128). С.74—79.
4. Бунэ В.И., Раду К., Полякова Т.П. Анализ карт изосейст Вранчских землетрясений 10 ноября 1940 г. и 4 марта 1977 г. // Детальные инженерно-сейсмологические исследования. Вопросы инженерной сейсмологии. Вып.27. М., 1986. С.126—135.
5. Никонов А.А. Сейсмические сотрясения на Русской равнине в XI—XVII вв. // Изв. АН СССР. Сер. «Физика Земли». 1990. №11. С.85—95.
6. Друмя А.В., Шебалин Н.В. Землетрясение: где, когда, почему? Кишинев, 1964.
7. Главчева Р., Полякова Т.П. О макросейсмическом поле Вранчского землетрясения 1940 г. в пограничной территории Румынии и Болгарии // Вопросы инженерной сейсмологии. М., 1989. Вып.30. С.117—119.
8. Андреев С.С. Список землетрясений в европейской части СССР. М., 1954. Рукопись. Фонд А.А.Никонова.
9. Титов А.Г. Землетрясения // География в школе. 1950. №5. С.14—22.
10. Шебалин Н.В. Карточный каталог землетрясений СИАН—ГЕОФИАН // Белорусский сейсмологический бюллетень. 1991. Вып.1. Минск, 1991. С.15—85.
11. Апродов В.А. Дыхание земли. М., 1963.
12. Землетрус // Комуніст. Київ, 1940. 10 листопада. №262. С.4.
13. Сагалова Р.М. Изосейсты землетрясений на Украине: Каталог карпатских землетрусов. №6 (9). Киев, 1963. С.21—26.
14. Сильное землетрясение в Карпатах // Красное знамя. Харьков, 1940. 12 ноября. №262. С.4.
15. Цверева Г.К. Письмо А.А.Никонову. Январь, 1990 г. Фонд А.А.Никонова.
16. Дублянский В.Н. Пещеры и моя жизнь. Пермь, 2006.
17. Евсеев С.В. Землетрясения Украины. Киев, 1961.
18. Сухов И.М. Исследования землетрясений в Молдавии и прилегающих к ней районах // Тр. Респуб. научно-технической конференции по вопросам антисейсмического строительства. Кишинев, 1960. С.16—26.
19. Как на судне ощущалось землетрясение // Моряк. Одесса, 1940. 17 ноября. №151. С.4.
20. Добрев Т.Б., Щукин Ю.К. Геофизические поля и сейсмичность. М., 1974.
21. Никонов А.А. Сильнейшее в Восточной Европе Карпатское землетрясение 26 октября 1802 г.: новые материалы и оценки // Докл. РАН. 1996. Т.347. №1. С.99—102.
22. Карпатское землетрясение 4 марта 1977 г. и его последствия. М., 1980.

# Пруды Москвы ради горожан и... для лягушек

Д.В.Семенов

О загадочной гибели многих земноводных (Amphibia) в самых разных уголках Земли зоологи заговорили в конце XX в. За последние годы анализу этого явления было посвящено множество исследований и научных симпозиумов. Называются разнообразные причины исчезновения батрахофауны — от естественного вымирания данной ветви эволюции позвоночных до вспышек эпизоотий, вызываемых неизвестными ранее возбудителями болезней. Впрочем, появляется все больше аргументов в пользу того, что этих животных губит целый комплекс факторов. И способствует исчезновению земноводных эволюционно сложившаяся низкая устойчивость к быстро меняющимся условиям среды [1, 2]. Можно ли предотвратить исчезновение этих водно-наземных животных, которым особенно тяжело приходится в городах?

## Уязвимы по природе

Среди животных земноводные оказались мало приспособленными к климатическим пертурбациям. Их уязвимость предопределена сильной зависимостью от множества физических качеств среды, а также сложным жизненным циклом. Сами амфибии, их яйца и личинки почти не защищены от излишней сухости, нехватки кислоро-



**Дмитрий Валерианович Семенов**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института проблем экологии и эволюции им.А.Н.Северцова РАН. Научные интересы связаны с биологией и сохранением земноводных и пресмыкающихся.

да, как чрезмерно высокой, так и низкой температуры, от неоптимального химизма среды. Из отложенных в водоемах яиц личинки успешно развиваются лишь в том случае, если этому благоприятствует множество строго определенных характеристик — от освещенности и крутизны берегов до химического состава воды. На стадии метаморфоза организм особенно чувствителен к любому неблагоприятному внешнему воздействию. Дальнейшая жизнь на суше тоже требует мало изменчивых условий, близких к оптимальным. И на каждой стадии, включая периоды летнего и зимнего покоя (эстивации), серьезные отклонения погодных условий могут оказаться губительными для земноводных. Поздние весенние заморозки, раннее пересыхание водоемов, необычно жаркое или холодное лето, продолжительные оттепели и экстре-

мальные морозы зимой — все это приводит к остановке эмбрионального развития и гибели кладок; к гибели личинок, поскольку они не успевают закончить предметаморфозное развитие; к бескормице в периоды интенсивного роста личинок и молодых животных; к повышению смертности во время зимовки и т.д. Между тем подобные аномалии погоды случаются в последние годы с пугающей частотой.

И конечно же, губительна для амфибий неуклонная урбанизация, охватывающая громадные территории уже не только в развитых, но и в большинстве развивающихся стран. В последних этот процесс носит более стихийный характер и особенно пагубен для дикой природы. Так вот, земноводные оказываются особенно уязвимой группой организмов. Их ахиллесова пята — тесная связь с конкретной территорией и очень низ-

© Семенов Д.В., 2010



кая способность к переселению. Гибельные для природы последствия урбанизации — ликвидация и загрязнение естественных мест обитания, прямое уничтожение и беспокойство — для амфибий многократно усиливаются из-за того, что они просто не могут скрыться в более безопасном месте. То, что так просто для птиц, крупных млекопитающих, речных рыб и многих насекомых, им физически недоступно. Именно поэтому земноводные — одна из главных жертв неизбежной на урбанизированных территориях фрагментации биотопов. Сохраняющиеся в городах локальные популяции оказываются запечатаны непреодолимыми препятствиями: дорогами, траншеями, стенами. Такая изолированность не оставляет им шансов на выживание, когда биотоп становится непригодным для дальнейшего существования. А кроме того, прекращается генетический обмен между локальными популяциями, что приводит к снижению их генетического разнообразия и, как следствие, к падению их жизнеспособности [3].

## Незавидная доля столичных амфибий

Бедственное состояние батрахофауны в московском регионе видно любому внимательному человеку. На территории столицы и ближнего Подмосковья встречается 11 видов земноводных. Но это номинально. В реальности же несколько из них уже практически исчезли, численность и территории обитания остальных многократно сократились за последние десятилетия. Восемь видов включены в «Красную книгу Москвы» (не попали только зеленые лягушки) [4].

Факторы, ведущие к неуклонному вымиранию амфибий в московском мегаполисе, достаточно очевидны и подробно описаны [5]. Основные причины бедственного положения те же, что и на других урбанизированных территориях:

- загрязнение и ликвидация мест обитания;
- фрагментация биотопов;
- беспокойство и вандализм;
- уничтожение домашними, синантропными и введенными животными.

Однако, на мой взгляд, главная беда — непригодное состояние природных малых водоемов.

В первой половине 90-х годов зоологи нашего института и географического факультета МГУ обследовали постоянные малые водоемы на территории Москвы. Задачи были довольно частные: инвентаризация амфибий, выявление мест их постоянного обитания и размножения, оценка состояния популяций и определение природоохранного статуса встречающихся в Москве видов [5, 6]. Все это было выполнено, к тому же по наблюдениям сделано и более общее заключение — о заброшенности малых водоемов.

Подавляющее большинство прудов, канав, стариц, болотцев в Москве в то время были либо практически уничтожены, либо находились в катастрофическом состоянии — превратились в места свалок бытовых и технических отходов. Кроме того, немногие «окультуренные» в разные годы водоемы — бассейны, декоративные пруды с бетонированным ложем и укрепленными берегами — сооружались с явными технологическими просчетами и не привлекали ни декоративностью, ни природно-экологической ценностью. Наконец, действовал и постоянный негативный фактор — естественная сукцессия, т.е. заиливание и зарастание водоемов без необходимого ухода.

Малые водоемы, особенно стоячие (если они не нарушены), полны жизни. Как экосистемы они характеризуются повышенной степенью замкнутости, высоким биологическим разнообразием, сложностью экологических связей между организмами и относительно небольшими размерами популяций.

В связи со сказанным понятна особая экологическая ценность малых водоемов. Исчезновение любого из них обедняет биоразнообразие ландшафтного комплекса значительно сильнее, чем уничтожение како-



Один из загубленных малых водоемов в Москве.

Здесь и далее фото автора

го-либо иного элемента этого комплекса.

Однако экосистемы малых водоемов особенно уязвимы. Для их длительного сохранения важны связи с соседними аналогичными экосистемами. По существующей теории, каждый водоем — это локальное сообщество организмов, а система таких сообществ (субсообществ), связанных между собой, образует метасообщество. Чем меньше размеры водоема и чем сильнее его изоляция от других структур метасообщества, тем ниже устойчивость экосистемы этого водоема [3].

Важно представлять себе также, что экосистема малого водоема не ограничивается линией его берегов. Ведь многие прудовые организмы (и земноводные в их числе) используют сушу для охоты, переживания неблагоприятных условий (например, для зимовки), расселения и даже для такой, казалось бы, несущественной жизненной потребности, как солнечные ванны. Поэтому состояние прилегающих к водоему биотопов — рельеф берега, тип почвы, характер растительности — оказывается не менее значимым для сохранения прудовой экосистемы, чем, например, качество донного субстрата и воды. К тому же у разных видов степень зависимости от прилегающего к водоему биотопа существенно различается как качественно, так и количественно. Для выживания некоторых обитателей пруда нужен специальный и сложно структурированный прибрежный биотоп (например, с определенным набором растений), причем необходимое им наземное пространство может простираться на десятки и сотни метров от берега.

### Альтернатива, усугубляющая проблему

В настоящее время ситуация с малыми водоемами в городской черте Москвы выглядит несравненно благоприятнее. Все



«Благоустроенный» водоем в каменном ложе и с заасфальтированными берегами, совершенно непригодный для природной флоры и фауны (Марьино).

реже встречаются те, что превратились в грязные лужи или стихийные свалки. Многие уголки города уже украшены современными и качественно выполненными искусственными водоемами разных размеров без технологических и декоративных изысков. Я несколько лет на-

блюдал за некоторыми из таких сооружений и заметил, что за все это время они не потеряли санитарно-технических и эстетических качеств и радуют своим видом горожан.

Однако вновь созданными водоемами, по сути своей искусственными экосистемами, не



Современный декоративный водоем в городе. Отвесные берега из лиственницы, сплошной газон и дорожки делают невозможным формирование здесь естественной экосистемы (Беляево).





Результат сооружения большого декоративного водоема. Существовавшая на этом месте природная экосистема полностью уничтожена, погублены в частности местные популяции лягушек и жаб (Медведково).

решить проблему сохранения в городской среде природных сообществ и популяций флоры и фауны. Как бы точно ни были отрегулированы технологические параметры таких водоемов, сколь бы обильно их ни удалось заселить растениями и животными, это все равно искусствен-

ные сооружения. Выпустив в них рыб ценных пород, можно оздоровить экологическую среду с помощью привнесенных растений и беспозвоночных животных (скажем, фильтрующих моллюсков). Можно привлечь также синантропных водоплавающих птиц. Но все



Один из немногих сохранившихся в Москве природных водоемов.

этим решаются лишь отдельные проблемы, не имеющие отношения к сохранению элементов естественной среды. Для этой цели важны не отдельные экземпляры или их группы, а жизнеспособные популяции (по возможности — автохтонные!). Это и будут системы, которые способны поддерживать и регулировать связи организмов между собой и с окружающей средой. Естественные же популяции в декоративных водоемах практически не восстанавливаются.

Таким образом, декоративные водоемы украшают город, но не вносят вклад в сохранение его природной экологической среды. Хуже того, в природоохранном аспекте они играют определенную негативную роль. Во-первых, они отвлекают значительные ресурсы, часть которых можно бы направить на улучшение природных водоемов. Во-вторых, будучи по сути полумерой в решении проблемы, создают в обществе иллюзию улучшения ситуации. В-третьих, нередко сложные декоративные водоемы сооружают на месте деградировавших естественных, а их остатки обычно полностью уничтожают. В результате не только исчезает пусть и деградирующее сообщество, но и выпадает определенное звено в системе городского метасообщества, нарушаются структурирующие его связи, т.е. постепенно разрушается весь природный комплекс.

Кроме того, в искусственные водоемы обычно высаживают растения и выпускают (привлекают) животных, чуждых аборигенной природе. Эти вселенцы прямо уничтожают сохранившуюся еще автохтонную флору и фауну, вытесняют за счет конкуренции, «загрязняют» генетически. Наконец, красивые и функциональные искусственные водоемы нередко оказываются смертельными ловушками для диких водно-наземных животных (в том числе земноводных), которые пытаются оставить там



потомство. Но отвесные берега, отсутствие необходимых для личинок кормов и субстратов, принудительная фильтрация воды, хищничество интродуцированных рыб полностью губят потомство, а нередко и самих производителей\*.

А нужно ли сохранять на урбанизированных территориях природные экосистемы? Однозначного ответа на этот вопрос нет. Если необходимость существования дикой природы в городской среде признать одной из основ экологической стратегии, то замену деградирующих естественных водоемов искусственными нельзя считать удовлетворительным решением.

### Три направления

Реальный же путь приостановить исчезновение земноводных включает:

- сохранение природных экосистем прудов, стариц, небольших болот и т. п.;

- экологическую реставрацию исчезнувших экосистем на территориях с природным ландшафтом;

- создание декоративных водоемов, отвечающих концепции «природного сада».

#### Традиционный подход.

Первое направление — это обычная природоохранная работа, которую в последние годы активно ведут государственные, общественные и частные организации. Однако, защищая немногие сохранившиеся в мегаполисе естественные малые водоемы, важно понимать, что эти экосистемы и связанные с ними популяции довольно неустойчивы и недолговечны даже в идеальных условиях. Как было сказано, длительное существование таких экосистем невозможно без объединяющих мета-

сообществ и метапопуляций. Следовательно, необходимо сохранять всю систему природных малых водоемов города.

**Экологическая реставрация** — направление, прогрессивно развивающееся во всем мире. Оно предусматривает изменение какой-либо территории, которое позволило бы воссоздать структуру, функцию, разнообразие и динамику конкретной аборигенной, исторической, экосистемы. Ясно, что это требует совместных экологических, технических, социокультурных и административных усилий. В быстро меняющейся антропогенной среде именно реставрационная экология — наиболее перспективный метод сохранения природных экосистем [7, 8].

Что касается реставрации экосистемы малого водоема, то общая схема процесса включает достаточно очевидные звенья. Необходимо

- расчистить и подготовить ложе водоема (это делается — что очевидно — в период минимального уровня воды);
- покрыть дно субстратом, причем только природным, поскольку любой искусственный почти исключает возможность формирования естественных экологических связей;

- восстановить дренажную систему;

- исключить факторы, приводящие к деградации водоема, например, ликвидировать интродуцированную рыбку ротана-головешку (*Perccottus glenii*), которая выедает практически все живое (экологически более приемлемый способ — временное осушение водоема, острое решение — использование ихтиоцидов);

- сохранить оставшихся природных обитателей (это важнейший аспект реставрации водоема). Если планируемые технические меры не гарантируют выживания животных и растений (причем не только особо ценных!) в ходе работы, следует как можно полнее со-

брать их и поместить в места временного содержания;

- обеспечить максимальное соответствие реставрируемого объекта исходным природным характеристикам (их документируют перед началом работ; используют также прежние описания, фотографии и другую информацию).

Все это, а также достижение наибольшей гетерогенности, разнокачественности (т.е. разных глубин по площади дна, различных уклонов и освещенности берегов и т. д.) должны главенствовать над декоративностью.

Одновременно нужно восстанавливать прибрежные территории, учитывая при этом специфику экологических связей экосистемы водоема.

Восстанавливать население реставрируемых водоемов можно тремя основными способами:

- выпуском животных и высадкой растений, изъятых перед началом работ;

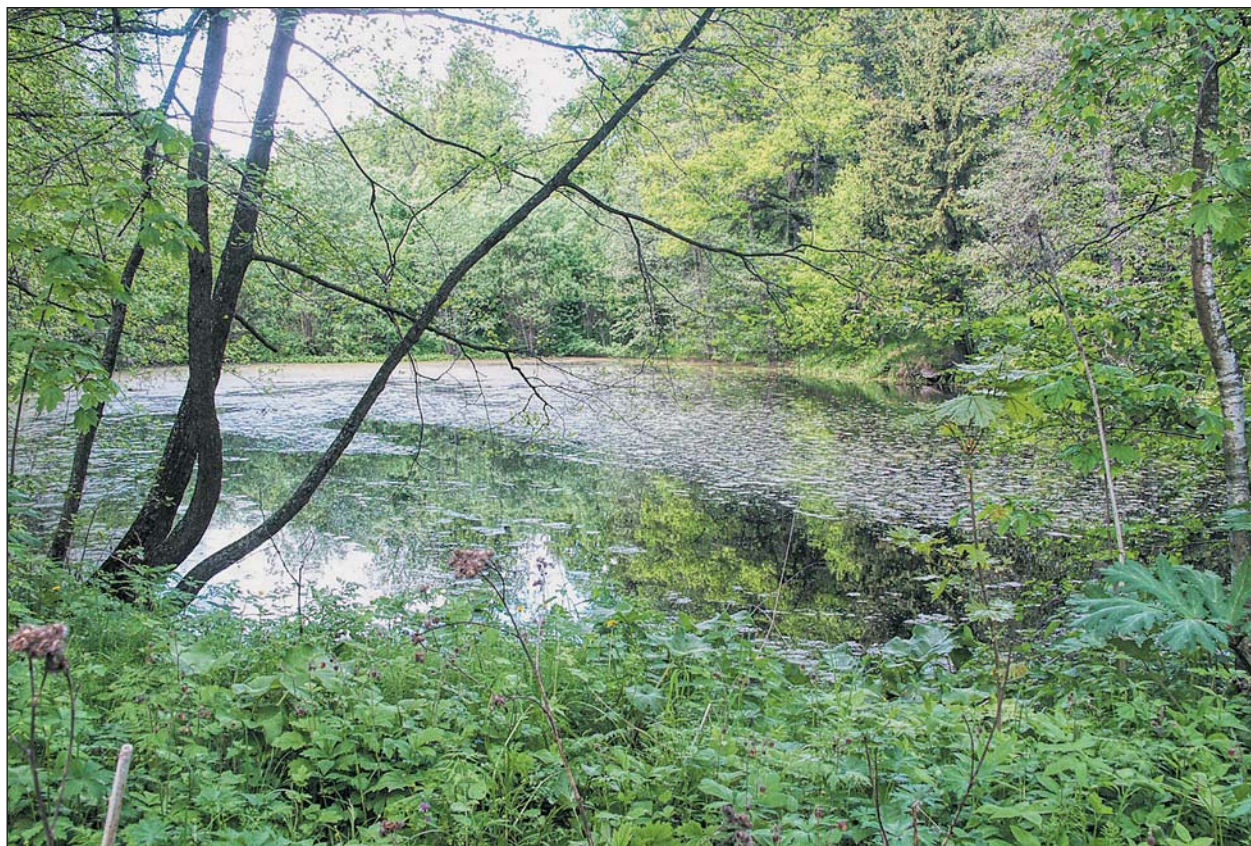
- самопроизвольным заселением, которое обеспечивается природной способностью прудовых организмов быстро расселяться (это их адаптивный ответ на высокую естественную неустойчивость малых водоемов).

- реинтродукцией, наиболее творческим и сложным процессом. Чтобы восстановить популяции ценных видов, нужно подобрать основателей, которые генетически соответствовали бы местным обитателям; при необходимости — использовать искусственное размножение; управлять создаваемой популяцией.

Реставрированная экосистема малого водоема может удовлетворительно существовать лишь при постоянном контроле и поддержании. Сюда входит и ограничение доступа горожан, чего легко добиться только на огороженных и охраняемых парковых территориях, признанных памятниками природы и культуры; в ведомственных и частных владениях, в малодоступных местах. В противном

\* В некоторых европейских странах в декоративных и технических водоемах (водоотстойниках и т.п.) устанавливают простые приспособления, которые позволяют выбираться на берег попавшим в них животным.





Пруд в усадьбе Знаменское-Садки. Здесь сохранились великолепные озера и пруды, но почти все они заселены чуждой для местной природы рыбой ротаном-головешкой.



Подготовка единственного «не зараженного» ротаном пруда для вселения личинок тритонов и некоторых редких беспозвоночных.

случае придется сооружать специальные ограждения.

Примером экологической реставрации может служить начатая в 2006 г. работа группы сотрудников нашего института при поддержке ВНИИПрирода. Целью было восстановление популяции обыкновенного тритона (*Triturus vulgaris*) и необходимой для ее существования экосистемы на территории усадьбы Знаменское-Садки. Важное преимущество этой территории — существенное ограничение доступа непрошенных гостей (по-научному — рекреационного воздействия). Этот вид был выбран потому, что он довольно обычен и широко распространен в европейской части России, но стремительно исчезает, особенно на урбанизированных территориях. К тому же он экологически пластичен и даже склонен к синантропии. Из предварительного обследо-



вания стало ясно, что тритонов, которые обитали в усадьбе в конце прошлого века, уже не осталось и что лишь в одном из системы прудов парка пока нет ротана-головешки. Именно этот пруд «подвергся» экологической реставрации и послужил местом для спасения тритона.

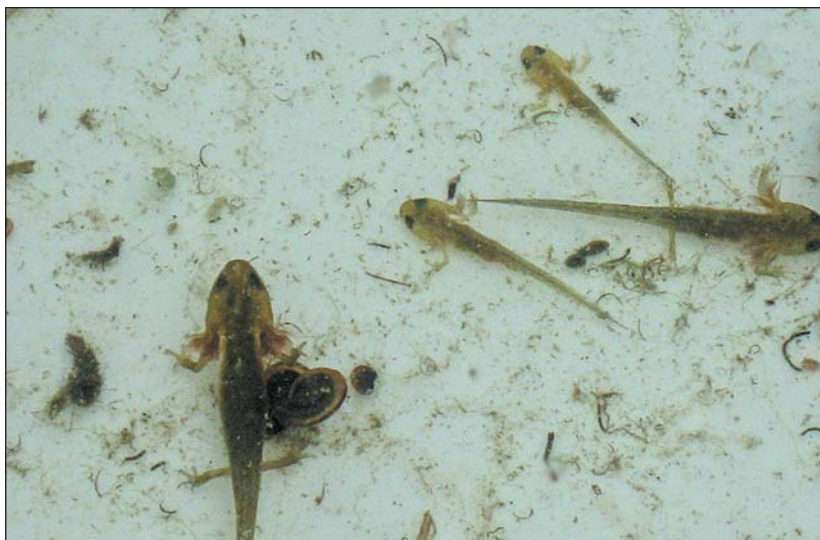
Осенью 2006 г. и весной 2007-го были проведены подготовительные работы по изложенной здесь общей схеме и в соответствии с экологическими потребностями обыкновенного тритона. Затем сюда были выпущены его личинки (партиями по 25 шт.), отловленные в местах искусственного размножения примерно в 25 км от пруда (т.е. предположительно в пределах одной метапопуляции). Личинки нормально развивались до метаморфоза, и, чтобы им было чем кормиться, в водоем были выпущены личинки и взрослые особи нескольких видов насекомых. В июле 2009 г. в реставрируемом водоеме появились взрослые тритоны, очевидно, выросшие из личинок, выпущенных здесь два года назад (обыкновенный тритон достигает половой зрелости на втором году жизни), и — самое главное! — довольно многочисленные личинки. В 2010 г. опять появились личинки тритона. Значит, интродуцированные животные прижились и успешно размножаются в реставрированном водоеме.

**«Природный сад» для амфибий.** Это третье направление для их спасения. Оно представляется перспективным, так как позволяет комплексно решать задачи сохранения прудовых экосистем и популяций земноводных в городской среде. В соответствии с этим подходом, водоем представляет собой декоративный и формально искусственный элемент ландшафта, но в нем максимально поддерживаются компоненты и экологические связи, свойственные природным сообществам.

С давних времен садово-парковое искусство развивалось



Взрослый самец обыкновенного тритона в брачном наряде.



Личинки тритона, выпущенные в подготовленный пруд.

в подчеркнутом контрасте с окружающей природой. Изначально в нем ценилась экзотичность, непохожесть на привычные глазу естественные ландшафты. Однако с конца прошедшего века основное направление ландшафтного строительства заметно меняется. Катастрофическое исчезновение участков нетронутой природы, осознание обществом проблемы сохранения дикой флоры и фауны, развитие природоохранной этики кардинально меняют представления о значе-

нии декоративного садоводства. Все более востребованной становится концепция «природного сада» [9].

Идеи использования в садовом искусстве элементов и комплексов окружающей дикой среды существовали еще в XIX в. Однако только в последние годы создание «естественных» садов и парков стало массовым явлением и оттесняет традиционные направления в садово-парковом искусстве. В «природных» декоративных ландшафтах воссоздаются и сохраняются попу-





Искусственно созданный «природный пруд» в саду.



Травяные лягушки в период спаривания.



Кладка лягушек в искусственном пруду.



ляции местных растений и животных, основные естественные сообщества. Идеология «природного сада» предполагает экологическую, природоохранную и эстетическую гармонию рукотворных ландшафтов. Действительно, нельзя не согласиться с тем, что с эстетических позиций пруд или цветущая лужайка не менее декоративны, чем «классическая» клумба или декоративный водоем в пластиковом ложе. Но естественность, экологичность и природоохранная ценность первых и вторых просто несопоставимы. Очевидно, что дальнейшее распространение идеи «природного сада» приведет к естественному слиянию декоративного и природоохранного подходов в экологической стратегии города в целом и в судьбе малых водоемов — в частности.

### «Природный сад» на собственном участке

Устроить «природный сад» можно даже на совсем небольших участках. Тому есть мой личный пример. На своем садовом участке (12 соток, пос.Востряково) в конце 80-х годов я начал эксперимент по созданию «при-

родного пруда». Сначала из обычного любопытства, а затем серьезно увлекся. Место выбрал в естественном понижении, где летом обычно скапливалась вода. Максимальная глубина пруда 2 м, глинистое ложе без какой-либо водонепроницаемой выстилки, площадь невелика — около 10 м<sup>2</sup>. Берега разнообразные: с крутыми и пологими участками, извилистыми и прямыми, с открытыми, хорошо освещаемыми, и с заросшими кустарником или водными и околотовными растениями. Я стараюсь сочетать природные растения и их культурные аналоги, ведь прудик — все-таки декоративный элемент сада. Правда, главной целью было — воссоздать экологические условия, характерные для аналогичных природных объектов. В жаркие и сухие годы пруд почти полностью пересыхал, и, чтобы сохранить беспомощных животных и растения, приходилось периодически пополнять его водой.

Уже в первые годы в пруду и вокруг него появились довольно редкие в этих местах полуводные беспозвоночные — стрекозы, плавунцы. И обыкновенные тритоны! Оказалось, мой прудик стал для них прибежищем, спасительным местом.

Дело в том, что стремительно разрастающийся и урбанизируемый поселок на своей многокилометровой территории уже практически «съел» все пригодные для размножения земноводных водоемы (они засыпаны, заселены рыбой или чудовищно засорены). В моем же пруду каждую весну собирается несколько десятков взрослых тритонов, а потом появляется множество личинок, которые успешно развиваются там. Густо заросшие уголки сада, места, на которых я стараюсь редко тревожить почву, кое-где кучи сухих веток — все это обеспечивает нормальные условия для жизни тритонов в саду. Важно отметить, что такие места не создают впечатления запущенного участка — их эстетическое состояние я стараюсь поддерживать в соответствии с идеей «природного сада».

В последние годы в бедственном положении в поселке (и вообще в московском регионе) оказались уже и когда-то самые обычные бурые лягушки. Теперь и они собираются в моем прудике в брачный сезон. Так что спасение водоемов и их обитателей не безнадежное дело, надо только увидеть большое в малом и взяться за дело. ■

**Работа поддержана Программой Президиума РАН «Биоразнообразие: инвентаризация, функции, сохранение». Проект 4.3.1.**

### Литература

1. *Stuart S.N., Chanson J.S., Cox N.A. et al.* Status and Trends of Amphibian Declines and Extinctions Worldwide // *Science*. 2004. V.306. P.1783—1786.
2. *McCallum M.L.* Amphibian Decline or Extinction? Current Declines Dwarf Background Extinction Rate // *Journal of Herpetology*. 2007. V.41. №3. P.483—491.
3. *Parris K.M.* Urban Amphibian Assemblages As Metacommunities // *Journal of Animal Ecology*. 2006. V.75. №3. P.757—764.
4. Красная книга города Москвы / Ред. Б.Л.Самойлов, Г.В.Морозова. М., 2001.
5. *Леонтьева О.А., Семенов Д.В.* Земноводные и пресмыкающиеся на территории Москвы // *Природа Москвы* / Отв. ред. Л.П.Рысин. М., 1998. С.225—238.
6. *Семенов Д.В., Леонтьева О.А., Павлинов И.Я.* Оценка факторов, связанных с существованием популяций земноводных (Vertebrata: Amphibia) на урбанизированных территориях г.Москвы // *Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол.* 2000. Т.105. Вып.2. С.3—9.
7. *Jackson L.L., Lopoukhine N., Hillyard D.* Ecological Restoration: a Definition and Comments // *Restoration Ecology*. 1995. V.3. №1. P.71—75.
8. *Choi Y.D.* Theories for Ecological Restoration in Changing Environment: Toward «Futuristic» Restoration // *Ecological Research*. 2004. V.19. №1. P.75—81.
9. *Witt R.* Naturoase Wildgarten. BLV, 1996.

# Компьютерные игры в молекулярную биофизику

А.О.Чугунов, Р.Г.Ефремов

К концу XX в. грань между «классическими» науками практически стерлась, исследования стали междисциплинарными. В текущем столетии тенденция усиливается — слияние «обычной» (хотя тоже междисциплинарной!) молекулярной биофизики и того, что называют *theoretical computer science*, породило необыкновенную область исследований — компьютерный, или *in silico*, эксперимент. Но прежде чем рассказать о методической подоплеке подхода *in silico* и о его конкретном использовании для имитационного изучения «жизни» биологических мембран и населяющих их белковых молекул, напомним предысторию.

## «Родословная» молекулярных наук

Вся современная биологическая наука вдохновлена и пронизана термином «молекулярный». Любая ее отрасль, даже из таких максимально традиционных, как ботаника, зоология, экология, ныне старается представить изучаемые явления в свете процессов, протекающих на уровне отдельных клеток и молекул. Генетика, которая во времена своего «лжебуржуазного» прошлого была чуть ли не сельскохозяйственной наукой, стала одной из первых «молекулярщиц», объясняя основополагаю-



**Роман Гербертович Ефремов**, доктор физико-математических наук, профессор МГУ имени М.В.Ломоносова, заведующий лабораторией моделирования биомолекулярных систем и заместитель директора Института биоорганической химии имени академиков М.М.Шемякина и Ю.А.Овчинникова. Занимается изучением биологических мембран, теоретическим моделированием структуры и динамики мембранных белков.



**Антон Олегович Чугунов**, кандидат физико-математических наук, сотрудник той же лаборатории, создатель научно-популярного сайта «Биомолекула» (<http://biomolecula.ru>). Область научных интересов — формирование пространственной структуры (фолдинг) белка, мембранные рецепторы, моделирование структуры рецепторов, действующих через активацию G-белка (GPCR).

щие явления жизни — наследственность и эволюцию — на языке ДНК, РНК и белков, «дирижирующих» всеми процессами в клетке.

Молекулярные науки, объединенные под знаменами биологии, делятся на биохимический и биофизический лагеря, с разных позиций изучающие примерно одни и те же объекты и явления. Например, биохимию интересует в основном метаболизм; ее «дочку» молекулярную биологию — передача информации по классическому пу-

ти ДНК → РНК → белок (а иногда и в обратную сторону); вирусология по сути стала молекулярной биологией вирусов, изучающей фантастическое разнообразие их устройства.

В центре внимания молекулярной биофизики находятся структура, динамика и функция биологических молекул, их способность к самоорганизации и к бесчисленным, но, по-видимому, очень точно скоординированным взаимодействиям. Как синтезированная белковая цепь, изначально «одномерная», при-



нимает только ей свойственную пространственную укладку, обеспечивающую выполнение назначенной этому белку функции? Каким образом молекулы липидов, будучи смешаны с водой, образуют пузырьки и другие структуры, очень напоминающие мембраны живых клеток? Как происходит «перекачка» протонов с одной стороны мембраны на другую в дыхательной цепи, при фотосинтезе или в фотоцикле многих бактерий? Каким образом молекулы, которых в клетке считанные штуки, находят друг друга в чаще, называемой цитоплазмой, чтобы провайдействовать и запустить какой-нибудь жизненно важный процесс? Как транскрипционным белкам удастся не пропустить нужный сайт в ДНК хромосомы, по сравнению с которой километр запутанной колючей проволоки — это просто аккуратный «бантик»?

На эти вопросы отвечает (или по крайней мере пытается ответить) молекулярная биофизика. Ее цель — описать на строгом языке точных наук, как живут биологические молекулы в клетке и каким образом взаимодействуют друг с другом, инициируя сложнейшие последовательности событий, которые уже более формально (т.е. не опускаясь до физических деталей межмолекулярных взаимодействий) изучают молекулярная биология, генетика и другие биологические отрасли более «высокого» уровня.

Поставленные молекулярной биофизикой цели очень важны: понимание молекулярных тонкостей кроет в себе фантастическую возможность — создание новых молекул, которые могли бы желаемым для «создателя» образом играть свою партию во внутриклеточной молекулярной «симфонии», предотвращая болезни или управляя синтезом нужных человеку веществ. А перспективы использования этой способности поистине безграничны — от инновационных отраслей медицины, пищевой

и энергетической промышленности до совершенно нового технологического уклада всего общества, избавленного от неискоренимых проблем сегодняшней экономики перепроизводства.

## У истоков молекулярной биофизики

Молекулярная биофизика стала активно развиваться в 1950—1960-х годах, когда идеи и подходы физической химии стали пытаться применять к изучению строения белковых молекул, важность которых для любых жизненных процессов уже была в полной мере осознана.

Белки устроены принципиально более сложно и «умно», чем каучук или другие похожие полимеры, и это исключительно благодаря тому, что образующие их звенья — аминокислоты — несут боковые радикалы с сильно различающимися свойствами. Ровно в силу той же причины структура белков — гетерополимеров аминокислот — намного сложнее и разнообразнее, нежели структура гомополимеров. Здесь-то и выяснилось, что все существующие полимерные теории не описывают многообразия форм, которые могут принимать белковые молекулы.

Проблему самопроизвольного сворачивания белковой цепи в уникальную пространственную структуру в настоящее время называют *фолдингом* (от англ. *to fold* — складывать, сворачивать), и она считается крупнейшей неразрешенной задачей биофизики современности. Структура белковых молекул интересует ученых не напрасно: согласно максиме, называемой также основной догмой молекулярной биофизики, структура белка, его динамическая подвижность и выполняемые им функции неразрывно связаны между собой (рис.1). А это означает, что ключ к изучению всего белкового царства — проблема структуры и динамики полипептидных молекул.

Однако в чем же здесь проблема и причем тут, наконец, компьютеры, упомянутые в названии статьи?

Дело в том, что для практического решения задачи далеко не всегда хватает возможностей экспериментальных методик, которые используются для установления пространственной организации белковых молекул. В отличие от технологий, позволяющих расшифровать (секвенировать) последовательности ДНК геномов живых организмов, определение пространственной структуры еще не стало настолько автоматизированным, чтобы структуру любого интересующего белка можно было установить с фиксированными временными и материальными затратами. Например, в случае техники рентгено-структурного анализа наиболее сложно получить упорядоченную фазу — *белковый кристалл*, дающий при облучении четкую и качественную дифракционную картину, пригодную для расшифровки трехмерной структуры. Условия, в которых белки образуют кристаллы, зачастую подобрать очень трудно, и во многих случаях уходят годы упорных экспериментов, прежде чем появляются первые результаты. Кардинально ситуацию не меняют даже работающие без перерывов и выходных



Рис.1. Основная догма молекулярной биофизики: структура, функция и динамика биологических макромолекул неразрывно связаны между собой.

роботы, созданные специально для получения кристаллов белков. Другой популярный метод изучения пространственной структуры биологических молекул — спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР) — также имеет ряд ограничений, связанных с размером исследуемых молекул, получением достаточных количеств изотопно-меченных образцов белков и расшифровкой получающихся ЯМР-спектров.

Особенно остро проблемы обоих упомянутых методов ощущаются при работе со сложными белковыми комплексами или интегральными белками клеточных мембран. Для последних дело усугубляется гетерогенностью и сложной организацией молекулярного окружения, в котором существуют эти молекулы. Один из самых крупных камней преткновения в изучении мембранных белков — корректное встраивание очищенной или синтезированной белковой молекулы в липидные агрегаты (например, мицеллы или липосомы), имитирующие мембрану в эксперименте.

Разумной альтернативой в случае, когда экспериментальных данных об организации интересующего белка нет, становится область теоретической молекулярной биофизики, которую в общем виде именуют *компьютерным экспериментом*, или экспериментом *in silico*.

### *In vivo, in vitro, in silico*

Вторая половина XX в. и начало нынешнего столетия дали науке множество теоретических подходов, позволяющих взглянуть на биологические системы глазами физика, т.е. проводить различные расчеты, заменяющие прямые измерения в эксперименте. Уже были накоплены базы данных, описывающие радиусы атомов, длины и углы валентных связей в органических молекулах и параметры водо-

родных связей в белках; спектроскопические эксперименты предоставили информацию о молекулярной подвижности; появилось представление о *гидрофобном эффекте*, управляющем сворачиванием биомакромолекул в воде. Сопоставление пространственных структур эволюционно родственных белков показало, что эти молекулы очень часто имеют близкое строение, а значит, факт общего биологического происхождения можно использовать для *теоретического предсказания* строения белков.

Постепенно стали обрисовываться контуры новой парадигмы в биологических исследованиях — *in silico*-эксперимента. Этимологически этот термин развивает известные в биологии латинизмы — *in vivo* («в живом») и *in vitro* («в стекле», применяется для лабораторных экспериментов на упрощенных системах, имитирующих живые). «*In silico*» буквально означает «в кремнии», что метафорически отсылает к микропроцессорам, способным выполнять огромные объемы вычислений и *имитировать* биологические процессы на модельной системе, существующей лишь в памяти электронно-вычислительной машины (ЭВМ).

О прогрессе ЭВМ и сетей связи подробно можно не рассказывать — каждый человек старше 25 лет помнит времена, когда просто немыслимо было представить, что вскоре почти у каждого будет свой собственный мобильный телефон и портативный компьютер с доступом в интернет.

С самого рождения *in silico* сопровождают такого рода предостережения: вряд ли когда-нибудь аккуратность описания процессов, протекающих в живой клетке, достигнет таких высот, чтобы можно было моделировать жизнь с безукоризненной точностью; само понятие *жизни* вряд ли допускает такой бездушный подход к тайнам природы. Но, вооружившись со-

временными знаниями и здоровым скепсисом (чтобы не выдавать на каждом шагу желаемое за действительное), зачастую можно добыть больше информации об исследуемой частичке живого с помощью эксперимента *in silico*, чем каким-то иным способом.

Речь тут идет в первую очередь о высокой *контролируемости* и *воспроизводимости in silico*-имитации. Мы можем с требуемой точностью задать начальные параметры системы и измерить получающееся на выходе, а также повторить моделирование любое число раз, меняя только те параметры, которые нас в данный момент интересуют. А ведь именно этого часто бывает практически невозможно добиться в настоящем эксперименте *in vitro* или, тем более, *in vivo*. Таким образом, новая парадигма достаточно органично сочетается с традиционными экспериментальными подходами, и их взаимное обогащение преимуществами дает исследователям больше свободы в бесконечной погоне за тайнами жизни.

Если говорить о математическом аппарате для моделирования поведения и взаимодействия молекул, то первым делом вспоминают, конечно, квантовую механику — теорию, которая наиболее корректно на сегодняшний день описывает строение и свойства молекул (квантовых объектов). Однако загвоздка тут в том, что для системы, существенно превышающей по размеру, например, атом гелия (а любые белки *существенно превышают* этот размер), решение уравнения Шредингера (или его приближений) практически невозможно из-за астрономической вычислительной сложности, экспоненциально возрастающей с увеличением числа элементарных частиц, образующих систему.

Основной подход, в настоящее время используемый для описания структуры и динамических свойств биологических

молекул, — это *молекулярная механика*, или *метод эмпирических силовых полей*. Главная его идея — упрощение физических законов: молекулу рассматривают не как квантово-механическую систему, а как набор классических частиц («шариков»), связанных между собой парными взаимодействиями («пружинками») — ковалентными, электростатическими, вандерваальсовыми и другими связями (рис.2). Параметры, характеризующие все взаимодействия в системе и тем самым ее энергетическую функцию, подбирают *эмпирически* (из условия согласованности теории и эксперимента), а набор всех таких параметров образует *эмпирическое силовое поле* (ЭСП).

Численное решение уравнения движения частиц в составе молекулы (а это всем известный второй закон Ньютона) позволяет изучить динамику молекулы во времени, — отсюда и название одного из основных алгоритмов, основанных на ЭСП, — *метод молекулярной динамики* (МД). Кроме этого конкретного метода, существует масса других приложений ЭСП, объединенных общей идеей — вычисляя потенциальную энергию системы, установить ее динамическое поведение во времени и близкую к существующей в природе пространственную структуру.

Другая задача молекулярного моделирования — теоретическое предсказание пространственной структуры биологических молекул (в основном белков). Это важно, напомним, когда невозможно рассчитывать на экспериментальное установление этой структуры. Молекулярная динамика и другие алгоритмы, основанные на ЭСП, могут пока предложить для решения этой проблемы сравнительно немного. Первая, наиболее очевидная, причина тому — длительность МД-имитации, достигая на современном компьютерном оборудовании, в большинстве случаев слишком мала

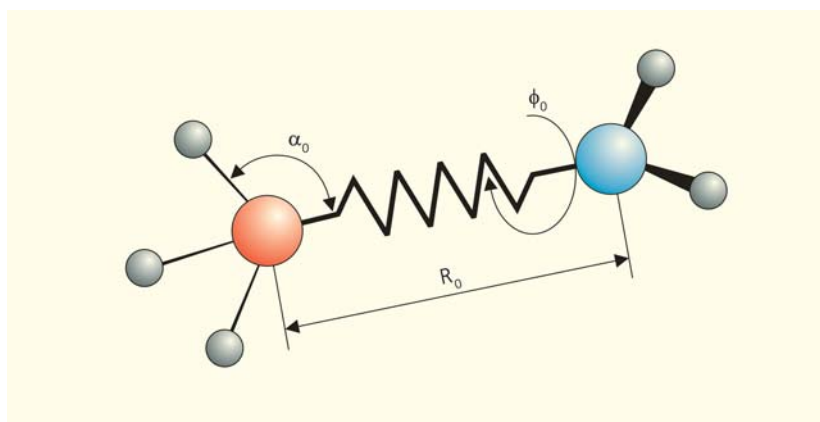


Рис 2. Представление молекулы с точки зрения молекулярной механики. Параметры молекулы описываются не уравнением Шредингера, а суммой «классических» взаимодействий, самое сложное из которых — формула упругости, описывающая колебание пружинки (схематично показаны лишь три таких слагаемых: валентная связь, валентный угол и торсионный угол).

для рассмотрения тех временных интервалов, в течение которых на самом деле в природе происходит самопроизвольное сворачивание биомолекул (хотя этот разрыв стремительно сокращается). Однако есть и другое, более принципиальное, ограничение: не исключено, что основополагающее приближение всей идеи эмпирических силовых полей — в первую очередь, отказ от рассмотрения квантовой природы молекул — закрывает дорогу к реалистичной имитации такого сложнейшего физического процесса, как фолдинг.

В связи с этим в большинстве практических приложений теоретическое моделирование строения белковых молекул основано на уже известных структурах эволюционно родственных (гомологических) белков. Эмпирически показано, что очень часто пространственная структура намного более консервативна, чем аминокислотная последовательность. Метод, с помощью которого возможно построить трехмерную модель структуры белка, основываясь на пространственной структуре белка-родственника, называется *моделированием на основании гомологии* [1]. Именно этот алгоритм дает «стартовое при-

ближение» для разнообразных задач теоретической молекулярной биофизики, имеющих дело с молекулами, структура которых не охарактеризована экспериментально.

## Биологическая мембрана — капсула жизни

Клетки всех живых организмов — и эукариот, и прокариот — заключены в *мембрану*, четко разделяющую весь мир на внешний и внутренний. (Не иметь мембраны могут вирусы, но вопрос о том, называть ли их живыми, — спорный.) Именно по этой причине очень многие жизненные процессы так или иначе связаны с мембраной клетки, а интегральные белки мембраны играют необычайно много ролей, без которых вообразить существование жизни просто невозможно. Транспорт веществ, передача любых сигналов от клетки к клетке, создание и поддержание трансмембранных потенциалов, без которых не живет ни одна клетка, и даже рецепция внешних импульсов, таких как свет или запахи, — все это функции мембранных белков.

Однако изучать строение и работу этих белков очень



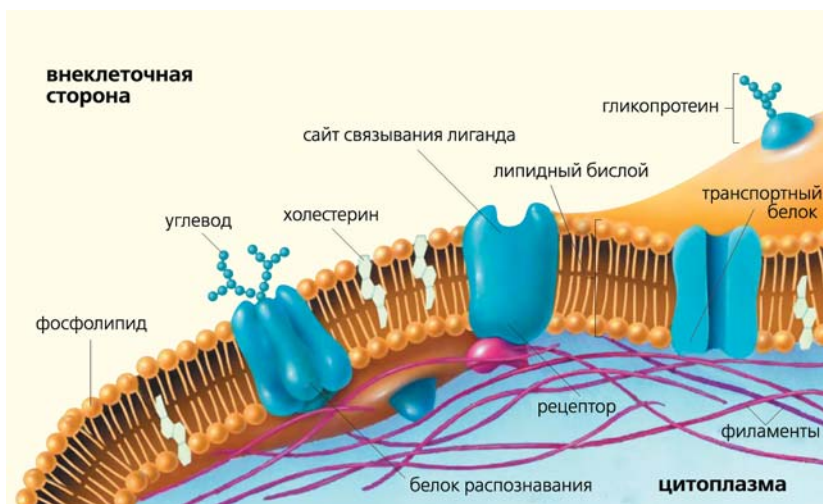


Рис.3. Биологическая мембрана и ее «начинка». Липидный бислой мембраны, а также ее интегральные и периферические белки, играют в жизни клетки роль, которую сложно переоценить. Далеко не полный перечень функций белков мембраны — трансмембранная передача сигналов и веществ, межклеточное распознавание, создание электрохимических потенциалов, реакция на свет и другие импульсы.

сложно, потому что их невозможно рассматривать в отрыве от мембран, представляющих естественную среду их «обитания», а это неизбежно влечет за собой многократное увеличение сложности рассматриваемой системы. Кроме того, сворачивание мембранных белков протекает в гетерогенном окружении, включающем как гидрофобный слой липидов мембраны, так и полярную среду за ее пределами, — а это задает очень непростые граничные условия для процесса фолдинга. Молекулярное моделирование мембранных белков сталкивается и с такими плохо формализуемыми (а значит, и трудно поддающимися учету в виде формул) явлениями, как влияние растворителя в этой сложной «многослойной» системе и гидрофобный эффект, играющий в жизни белков мембраны еще более важную роль, чем в случае растворимых белков цитоплазмы.

Однако понимание всей важности ролей, которые играют мембранные белки (рис.3), а также огромной практической значимости изучения их строения и функций только разжигает интерес исследователей к

проблеме биологических мембран и их белковой «начинки» — и это касается не только экспериментаторов, но и биофизиков-теоретиков, которых занимают молекулярные аспекты течения жизни.

Наша лаборатория моделирования биомолекулярных систем специализируется среди прочего именно на этом вопросе. Основной ее профиль — молекулярное моделирование биологических мембран и процессов, проходящих с участием мембранных белков. В следующем разделе в общих чертах будет обрисован фронт наших исследований.

## Не только игры

Для компьютерных имитаций мембранных белков в первую очередь необходимы, конечно, реалистичные молекулярные модели мембран, в которых эти белки «живут». Мембраны состоят из *липидов* — молекул *амфифильной* природы, включающих гидрофильную головку и гидрофобные хвосты. Простейший аналог мембраны — это *липидный бислой*, состоящий из двух

«листочков», «склеенных» гидрофобными хвостами молекул. Противоположные части молекул — полярные головки — формируют внешние поверхности бислоя, граничащие с водой. Конечно, реальные биологические мембраны состоят не из одного типа молекул, а из множества компонентов — фосфолипидов различного заряда, ганглиозидов, сфингомиелина, кардиолипина, стероидных липидов и прочих соединений (и это не считая белков, которыми «нашпигованы» мембраны). Липидный состав мембран существенным образом меняется для разных клеток и разных организмов в связи со спецификой возложенных на эти клетки функций.

Молекулярно-динамическая модель мембраны, даже если это бислой, состоящий из одинаковых молекул, — это уже достаточно большая система. В ее состав входит несколько сотен молекул липида, упорядоченных в форме бислоя, и десятков тысяч молекул воды, изображающих окружающую мембрану водную среду. Для каждого атома в этой системе заданы координаты, химические связи и нековалентные взаимодействия с другими атомами в системе. Компьютерный расчет динамики такой элементарной ячейки проводят на многопроцессорных системах. Длится он обычно несколько недель, при этом описывает всего лишь десятки или сотни наносекунд «реальной» жизни мембраны.

Несмотря на столь малые времена, которые удастся проследить с помощью такого моделирования, система начинает вести себя подобно реальному бислою: в частности, толщина мембраны и плотность упаковки липидных «головок» начинают стремиться к значениям, известным из эксперимента, подтверждая реалистичность проводимых расчетов. Однако кроме получения и так уже известных параметров моделирование позволяет проникнуть в детали устройства границы вода/мембрана, чего вряд ли

можно добиться другими средствами — очень уж тонко устроена и подвижна эта граница.

В нашей лаборатории накоплен банк динамических моделей бислоев различного состава — с разной длиной и структурой гидрофобных хвостов и природой полярных «головок» (заряженных или нейтральных). Созданы и модели двух- и трехкомпонентных мембран, в том числе несущих на своей поверхности отрицательный заряд (рис.4). Наличие заряда в модельных мембранах важно потому, что это позволяет имитировать мембраны бактерий (и не только их), заряженные отрицательно, а значит, и изучать влияние различных веществ на бактериальные мембраны в сравнении с мембранами эукариот. Почему важно исследовать такую селективность? Потому что эти вещества могут обладать антимикробной активностью, а значит — использоваться в медицине!

Важнейшие из таких веществ, найденные в живых орга-

низмах, — это небольшие молекулы белковой природы, которые назвали *мембрано-активными пептидами*. Делятся они на три группы — антимикробные пептиды (избирательно убивающие бактерий), фузионные пептиды (вызывающие слияние двух клеток между собой) и транслокационные пептиды, самопроизвольно проникающие сквозь мембрану и способные «протащить» за собой полезный груз. Практическое значение этих молекул — альтернатива традиционным антибиотикам, утратившим былую универсальность из-за появления резистентности к ним микроорганизмов; направленная доставка веществ (например, лекарств или же, наоборот, ядов) в заданные типы клеток и дизайн противовирусных препаратов, блокирующих слияние мембраны клетки с мембраной «захватчика» (например, гриппа).

Кроме того, из-за небольшого размера (обычно это не более 20–30 аминокислотных остатков) такие молекулы можно ис-

следовать на компьютере, имитируя их взаимодействие с различными типами модельных мембран. В результате таких расчетов стало понятно, что взаимодействие пептид–мембрана — очень тонкий процесс, существенно зависящий от свойств последней и не оставляющий без изменений ни пептид, ни мембрану. И тот, и другая точно подстраиваются друг к другу, формируя селективные области взаимодействия с особыми свойствами, отличными от незатронутой мембраны [2]. Подробный анализ на атомном уровне механизма таких взаимодействий позволяет вмешиваться в процесс и увеличивать или уменьшать сродство молекулы к мембранам определенного типа — в частности, увеличивать антимикробный потенциал и уменьшать токсичность по отношению к клеткам эукариот. В результате такого «дизайна» были созданы аналоги антимикробного пептида *латарцина*, убивающие бактерий (например, стафилококков или патогенные штам-

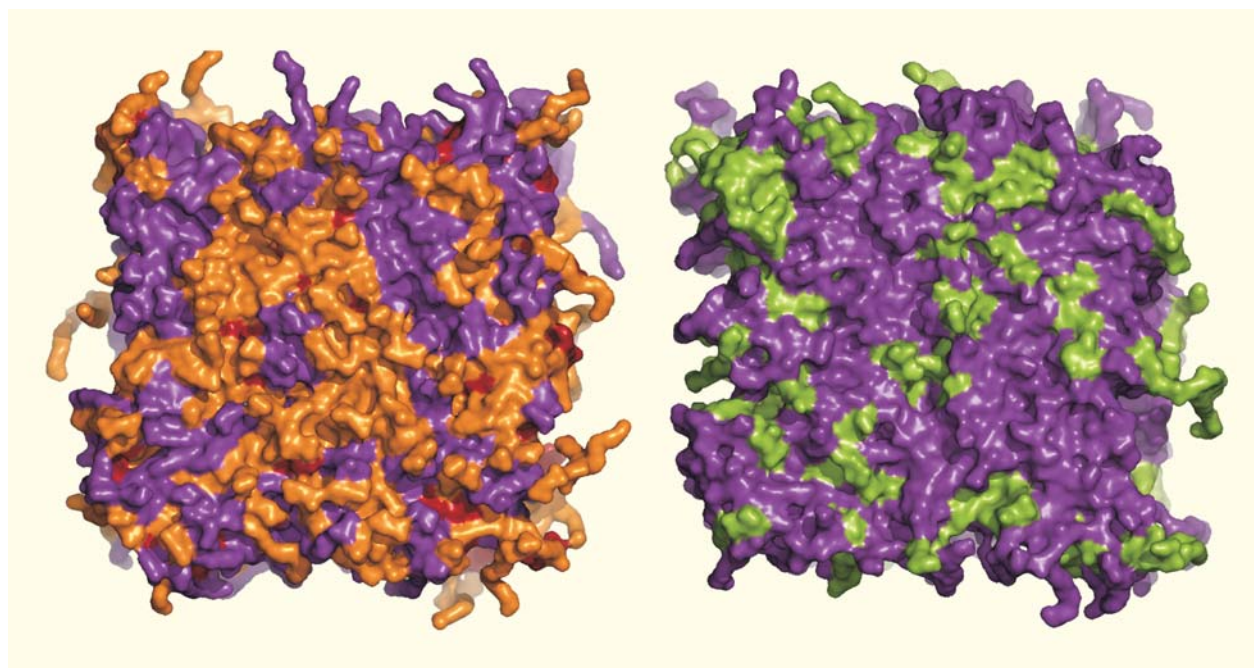


Рис.4. Молекулярные модели клеточных мембран. Варьирование липидного состава позволяет имитировать мембраны эукариот и прокариот: «эритроциты» (слева, изображают эукариотическую мембрану) и «грамотрицательные» (справа, изображают мембрану бактерий). Бислои представлены в виде поверхности, доступной растворителю (вид сверху). Цветом показаны липиды: фиолетовым — ПОФЭ, оранжевым — ПОФХ, зеленым — ПОФГ и красным — ХОЛ.

мы кишечной палочки), но не за-трагивающие эритроциты. Эти аналоги могут стать потенциальным прототипом лекарственного препарата (рис.5) [3].

Более сложная задача — моделирование структуры интегральных белков мембраны, например мембранных рецепторов, роль которых в работе всех без исключения клеток сложно переоценить. Экспериментально строение таких рецепторов установлено лишь для небольшого числа представителей этого важнейшего семейства, в связи с чем молекулярное моделирование приобретает особенное значение. Первыми стали модели, построенные на основе го-

мологии с родственными рецепторами, структура которых уже установлена. Впрочем, точность таких моделей почти всегда оказывается недостаточной для практических применений. Вызвано это тем, что, несмотря на сходный план строения, разнообразие выполняемых функций определяет существенные отличия в устройстве активных центров и близлежащих областей.

Для оптимизации моделей структуры можно использовать статистические закономерности упаковки мембранных белков, наблюдаемые в уже известных структурах. Выраженные численно, эти закономерности помогают уточнить модель, полу-

чая более правильно упакованную структуру. Кроме того, использование алгоритмов для учета гидрофобного эффекта [4], важного не только для сворачивания белковых молекул в мембране, но и для процессов межмолекулярного распознавания рецептор—лиганд, дает возможность еще точнее настроить расположение функционально важных остатков в активном центре рецепторов [5].

Эти технологии использовали для моделирования пространственной организации ряда рецепторов из крупного семейства, действующего через активацию G-белка — мессенджера, запускающего биохимические каскады внутри клетки. Среди таких белков — рецепторы нейрорегуляторов мелатонина и вазоактивного интестинального пептида (рис.6), играющих важную роль в иммунитете и адаптационных процессах, в том числе — суточных (циркадных) ритмах.

Модели упомянутых рецепторов, обозначаемых также аббревиатурой GPCR (от *англ.* G-Protein Coupled Receptors), несут в себе большой практический потенциал — ведь с их помощью в научных лабораториях и исследовательских подразделениях фармацевтических гигантов занимаются дизайном новых лекарственных форм, которые через десятилетие придут на смену сегодняшним лекарствам. Новое поколение лекарств упрочнит сильные стороны препаратов сегодняшнего дня и сведет к минимуму их многочисленные недостатки (такие как токсичность, малая эффективность и избирательность действия, чрезмерная зависимость от фенотипа больного и др.). Кроме того, лекарства будущего будут нацелены на новые биохимические пути, пока никак не задействованные в фармакологии, чтобы дать врачам средства более тонкой и направленной регуляции жизненных процессов для сохранения пациентам жизни и возвращения здоровья.

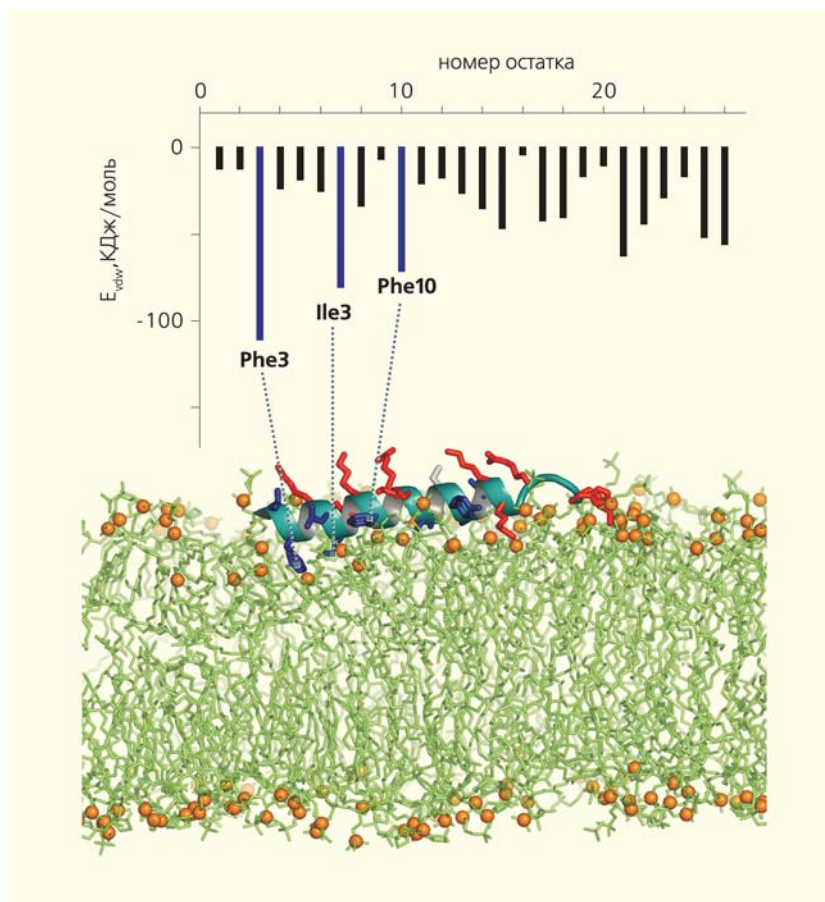


Рис.5. Моделирование взаимодействия антимикробного пептида латарцина с мембраной «эритроцитов». Анализ механизма взаимодействия позволяет выявить молекулярные детерминанты, управляющие сродством пептида к тому или иному типу мембраны, и направленно регулировать это сродство. Такая возможность открывает путь к дизайну аналога пептида, обладающего прежней антимикробной активностью, но при этом уменьшенной токсичностью по отношению к клеткам животных и человека.



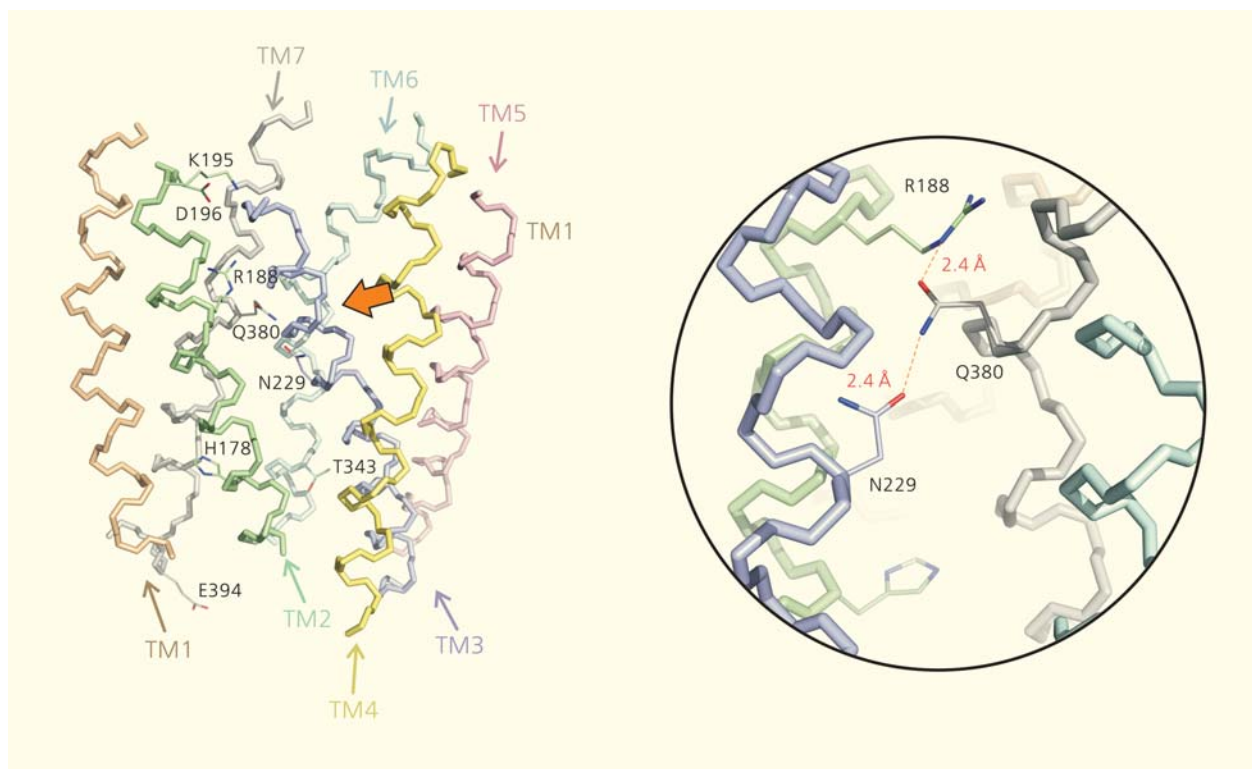


Рис.6. Молекулярная модель структуры трансмембранного (ТМ) домена рецептора вазоактивного кишечного пептида. Каждая из семи ТМ- $\alpha$ -спиралей окрашена в свой цвет; функционально важные аминокислотные остатки подписаны. Справа показан крупный план, отмеченный слева оранжевой стрелкой.

### Компьютерные эксперименты будущего

Несмотря на огромный объем проделанной работы, сегодня *in silico*-эксперимент делает лишь первые шаги, однако уже стал существенным подспорьем для обычного эксперимента, позволяющим формулировать новые гипотезы и выявлять возможные

механизмы молекулярных процессов, протекающих внутри живой клетки. Что ждет эту область в будущем, предсказать под силу, наверное, только фантастам, однако точно сказать можно одно: имитация жизненных процессов на уровне молекул, выполняемая на электронных (а в будущем — кто знает — квантовых?) вычислительных

машинах прочно заняла свое место в науках о жизни, гармонично дополняя лабораторные эксперименты. Аналогичным образом около ста лет назад ставшие сегодня рутинной *in vitro*-опыты «подвинули» исследование на подопытных животных — так что новый виток в развитии науки начинается уже сегодня. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 07-04-01514 и 10-04-01217.

### Литература

1. Чугунов А.О., Ефремов Р.Г. Предсказание пространственной структуры белков: акцент на мембранных мишенях // Биоорг. химия. 2009. Т.35. №6. С.744—760.
2. Polyansky A.A., Volynsky P.E., Arseniev A.S., Efremov R.G. Adaptation of a membrane-active peptide to heterogeneous environment // J. Phys. Chem. B. 2009. №113. P. 1107—1126.
3. Polyansky A.A., Vassilevski A.A., Volynsky P.E. et al. N-terminal amphipathic helix as a trigger of hemolytic activity in antimicrobial peptides: a case study in laticins // FEBS Lett. 2009. №583. P. 2425—2428.
4. Efremov R.G., Chugunov A.O., Pyrkov T.V. et al. Molecular lipophilicity in protein modeling and drug design // Curr. Med. Chem. 2007. V.14. №4. P. 393—415.
5. Chugunov A.O., Novoseletsky V.N., Nolde D.E. et al. A method to assess packing quality of transmembrane — helices in proteins // J. Chem. Inf. Model. 2007. №47. P.1150—1170.

# Вести из экспедиций Новые находки на реке Новой

В.А.Сарана,

кандидат географических наук

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

С.Н.Тимирева,

кандидат географических наук

Ю.М.Кононов

Институт географии РАН

Москва

Незапланированная остановка отняла у нас три дня. Погода успокоилась, и мы продолжили свое путешествие к верховьям р.Новой. Долина реки вошла в пределы Смпесинской ледниковой гряды, и русло стало все чаще подмывать ее склоны. В таких местах формировались обнажения высотой 20–30 м, в которых отчетливо просматривались два горизонта. Нижний состоял из серых глин, перекрытых желтоцветными песками. Местами у уреза воды лежали крупные валуны, появлялись и обширные береговые поверхности, полностью перекрытые валунным материалом. Проплывая мимо обнажений, мы искали выходы льдов. Было видно, что обе толщи подвержены сплошному промерзанию и их протаивание идет по тальвегам, которые с одинаковой периодичностью секут склон. Все это указывает на наличие полигонально-жильных льдов внутри толщи. В верхней части обнажений выходили современные жилы льда шириной не более 1.5 м и видимой глубиной 2–3 м. Они залегают в верхнем горизонте и четко прослеживаются на поверхности тундры, где формировался полигональный рельеф.

Мы уже поднялись по реке на 250 км и достигли ледниковых морфоскульптур, возникших

при таянии муруктинского ледника. В их пределах лежит оз.Лабаз. От этого места до озера по прямой нас разделяло 80 км. Долина реки в этом месте сузилась и была зажата со всех сторон возвышенностью. Нам стало труднее перетаскивать наш рафт через сплошные мели, и, дойдя до большого обнажения, мы решили остановиться. В этом месте р.Новая делает резкий поворот на 90°, благодаря чему на левом берегу сформировалось обширное обнажение. Проплыв мимо него, мы заметили выходы льдов вблизи его вершины. Неужели это то, к чему мы стремились? Найдя поблизости удобное место для лагеря, высадились на берег и отправились осматривать обнажение.

В нем действительно оказались выходы льда, верхняя кромка которых лежала на глубине около 2 м. Но рассмотреть их детально мы не смогли, так как обнажение было практически полностью засыпано. Теплая погода способствовала обрушению склонов. Вернувшись к реке, мы занялись обустройством лагеря на песчаной террасе левобережья, а рекогносцировочный выход к обнажению отложили на следующий день. Наше местоположение всем было прекрасно, особенно песчаный берег. К реке можно было подходить не опасаясь, что провалишься в топкий ил, как обычно бывает на тундровых реках. В своих верховьях р.Новая течет среди отложений, образовав-

шихся после таяния муруктинского ледникового покрова, которые сложены в большей степени флювиогляциальными песками. Поэтому русло реки было твердым, а вода в реке чистой и теплой. Но такая «пляжно-курортная» идиллия чудесна при безветренной погоде, при ветре же она превращалась в полигон для формирования пыльных бурь. Переносимый ветром песок проникал всюду и причинял множество неудобств.

Проснувшись на следующее утро, мы обнаружили, что у нас появился сосед — маленький олененок. Он иногда подходил к нашим палаткам довольно близко, пытаясь познакомиться. По-видимому, он отстал от мамы во время переправы через реку в июне, когда здесь идет массовая миграция оленей на север. Живя на этом месте семь дней, малыш был постоянно в поле нашего зрения. Поначалу нам казалось, что он не сможет выжить один, тем более что мы обнаружили на берегу свежие следы крупного волка. Однако на протяжении нашего совместного проживания олененок продемонстрировал такую самостоятельность и даже отвагу, что мы изменили свое мнение. Буквально через неделю-две олени снова должны были переправляться здесь через реку, возвращаясь на юг, и наш повзрослевший и набравшийся опыта олененок имел шансы снова соединиться со своим стадом. В его честь местное обнажение

Окончание. Начало см. в №11.

© Сарана В.А., Тимирева С.Н., Кононов Ю.М., 2010





Обнажение на реке Новой.

(72°39.887'с.ш., 99°44.334'в.д.) мы так и назвали — Олененок.

Мы приступили к расчистке обнажения, но, как только дошли до льда и очистили его верхнюю часть, усомнились в том, что это именно пластовый лед. Скорее, это была древняя ледяная жила, сформировавшаяся в давние времена. Мы стали расширять зачистку, чтобы определить контакты с вмещающими породами. Дело шло тяжело и медленно. Нижняя часть жилы находилась в липких и вязких серых глинах. Пока мы пытались расчищать нижний участок, сверху обрушивались оттаявшие участки склона. Чем ниже мы проникали по разрезу, тем труднее становилось «лопатить» оплывший грунт, который был напичкан галькой и валунами.

В результате удалось выявить, что в нашем разрезе вскрываются отложения, сформировавшиеся в среднем и верхнем плейстоцене. Они подразделяются на две толщи: нижнюю, лежащую в основании

гряды, — морскую, и верхнюю — континентальную. Морские отложения представлены серыми глинами и глинистыми алевритами с характерной горизонтальной и ленточноподобной слоистостью, которая, по всей видимости, образовалась на дне

морского бассейна, существовавшего на Таймыре в казанцевское время. Вся толща глин преобразована мерзлотными процессами и вмещает в себя повторно-жильные льды, видимая мощность которых составляет 2—3 м. Очевидно, жилы имеют



Расчистка ледяной жилы на обнажении «Олененок».





Верхняя часть обнажения с ледяной жилой.

большие размеры, вскрыть их нижнюю границу нам не удалось. Изотопный анализ образцов льда, взятых из жилы, показал, что лед формировался в условиях эпигенеза в очень холодном климате. Возможно, жилы возникли в начале позднего плейстоцена во время муруктинского оледенения. Данные находки позволяют сделать вывод, что мерзлые породы (мерзлота в целом) на Таймыре формировались эпизодически, во времена ледниковых эпох.

Казанцевские морские толщи перекрываются комплексом позднеледниковых моренных отложений. В разрезе снизу вверх они представлены прослойкой небольшой мощности

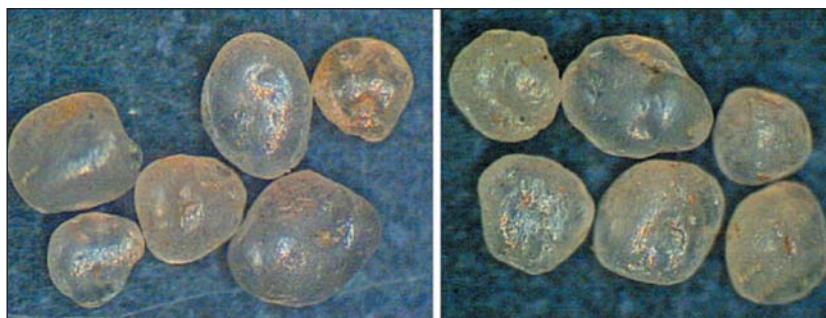
(10—30 см) моренного суглинка серого цвета с включением гальки, валунов и гравия. У уреза воды и в нижней части склона обнажения встречаются крупные валуны (в поперечнике до 1 м и более). Эту морену относят ко времени муруктинского оледенения. Выше по разрезу морена перекрывается мощным чехлом водно-ледниковых отложений, сформировавшихся во время деградации ледникового покрова. Верхняя часть разреза, детально изученная нами, представлена криометаморфической грубогумусовой оподзоленной почвой по классификации 2004 г. или тундровой оподзоленной по классификации 1964 г. В разрезе выделены следующие слои:

- дернина; глубина — 0.05 м;
- горизонт из супеси серовато-палевой, плотной, комковато-зернистой структуры; нижний контакт волнистый, резкий, виден по цвету; глубина — 0.45 м;
- супесь бурая со светло-серыми пятнами, плотная, неоднородной окраски, с включениями гальки; нижний контакт резкий, волнистый; мощность — 0.85;
- суглинок бурый с темными прослоями с включениями гальки, плотный, свежий, структура комковатая, переход резкий, граница волнистая; глубина 1.25;
- морена (супесь с включениями валунов и гальки размером до 11 см); в слое отмечаются пятна ожелезнения; глубина 1.67 м; нижний контакт четкий и приурочен к ледяной жиле.

Проведенный анализ морфоскопии песчаных кварцевых зерен выявил, что в формировании верхней части разреза активное участие принимали эоловые процессы. Зерна хорошо окатаны, поверхность преимущественно полуматовая, большой процент зерен с полностью матовой поверхностью, что свидетельствует о достаточно активном и продолжительном переносе песчаных частиц в воздушной среде. Кроме признаков эоловой обработки на зернах отмечаются следы криогенных процессов — раковистые сколы, углубления треугольной формы. Достаточно представительна группа зерен с водной обработкой — глянцевые, хорошо окатанные зерна.

Дневная поверхность представлена злаковыми тундрами с полигональным и кочковатым рельефом, с поверхности присыпанным мелкогалечным материалом, который вынесен на поверхность мерзлотными процессами. Глубина деятельного слоя на склоне составила 1.0 м.

Нам надо было спешить назад: вода в реке сильно упала, и русло превратилось в обширные песчаные отмели, по которым гуляли песчаные вихри. Наш рафт постоянно натывался на мели, и мы были вынуждены



Песчаные кварцевые зерна со следами эоловой обработки и морозного выветривания (фракция 0.5—1.0), отобранные с глубины 1 м. Разрез Олененок.



постоянно глушить мотор и править его веслами. Такие подводные капканы были особенно опасны для нашего двигателя. Его первоначальный ровный рокот стал хрипловатым с периодически нарастающим хрустом. Мы понимали, что скоро может случиться авария. Поэтому мы аккуратно проходили мели, заранее глуша мотор.

Вокруг простирались бескрайние дали без единого движения. Мы надеялись встретить овцебыков, по рассказам деда Беленького, обитавших здесь. Не раз, замечая вдалеке черную точку, мы думали, что это овцебык, но это были разбросанные по берегам двухсотлитровые бочки из-под горючего — следы активного освоения (теперь уже в далеком прошлом) этого региона. Но все-таки нам повезло, мы встретили одинокого быка, который брел вдоль берега реки. Причалив поодаль, скрываясь за береговой обрыв, мы направились к нему. Наше внезапное появление нисколько не испугало его. Бык остановился и стал почесывать голову о переднюю ногу. Его злобный взгляд и издаваемое рычание нас насторожили, поэтому мы не стали его нервировать, сделали несколько фотографий и отправились дальше вниз по реке.

Недалеко от впадения в Новую ее левого притока — р.Массонов — мы решили остановиться на несколько дней и попробовать на пустом рафте подняться по ней вверх на 15 км. По карте и снимку в том месте должно быть обнажение. На следующий день мы отправились вверх по притоку, но не проплыли и 2 км, как пережат преградил нам путь. Перетаскивать через него рафт не было смысла, так как впереди просматривались обширные мели и новые пережаты. Оставив наше судно на берегу, мы решили прогуляться по террасе и набрать грибов, которых в этом году было особенно много. Вскоре мы наткнулись на старую могилу. Здесь был погребен долган, так как рядом с могильным



Полигональная тундра с кочковатым рельефом.

холмом лежал полуистлевший крест. Нганасаны, другая народность, населяющая эти места, усопших не закапывают в землю, а оставляют тело лежать на нартах или на земле. При сборе грибов наше внимание постоянно привлекали самоцветы — цветной хрусталь, аметисты, агаты и янтарь, которыми изобиловали выпуклые незадернованные

поверхности террасы. Их выдавливает мерзлота. Совершенно неожиданно среди них мы обнаружили каменное орудие — наконечник стрелы, изящный артефакт из прошлого. Мы стали детально обследовать местность и подобрали несколько кремневых отщепов и кости животных. Одна из них принадлежала оленю, другие кости, трубчатые, —



Одинокий овцебык.





Могилы долган и нганасан.

крупному животному, возможно, мамонту.

По археологическим данным, начало освоения человеком Таймыра связано с потеплением климата, начавшегося примерно 8 тыс. лет назад. Многолетние археологические исследования Заполярной экспедиции под руководством Л.П.Хлобыстина на Таймыре начались в 1967 г. За восемь лет работы сезонные стоянки найдены на р.Пясине и в бассейнах рек Хеты и Хатанги. Самое древнее (мезолитическое) поселение Таймыра обнаружено на левом берегу р.Тагенар, в 5 км от ее впадения в р.Волочанку. Открыто оно было (как и большинство других стоянок на Таймыре) Хлобыстиным. Абсолютный возраст угля из кострища культурного слоя Тагенара VI составляет  $6030 \pm 100$  лет. В составе растительности, по данным палинологических исследо-

ваний образцов из культурного слоя стоянки, а также из слоев, непосредственно перекрывающих его, господствовали сообщества, образованные древесными и кустарниковыми видами березы и ольхи. Значительно меньшие площади в то время занимали хвойные древесные породы — лиственница, ель и сосна [1, 2]. В оптимум голоцена (около 5500 лет назад) граница леса и тундры была на 250–300 км севернее современной [3]. Во время нашего путешествия мы неоднократно находили остатки деревьев на террасах и в ложбинах небольших притоков р.Новой. Многие из них представляли собой вертикальные фрагменты прикорневой части (пни). Совершенно очевидно, что они здесь же и произрастали. Несколько образцов таких деревьев было взято на радиоуглеродный анализ. Возраст их составил

$4765 \pm 75$  (IGSB-1420);  $4660 \pm 95$  (IGSB-1421).

Ухудшение климата началось в позднем голоцене (вторая половина 2-го тысячелетия до н.э.). По данным палинологического анализа, с этого времени началось вытеснение хвойных пород тундровыми формациями, образованными преимущественно кустарниковыми видами березы [1, 2].

С 1996 г. полевые исследования в центральном Таймыре проводил В.В.Питулько. Изученная им стоянка находится в нижнем течении Верхней Таймыры, при впадении в нее ручья Олений. Это самый северный из всех известных археологических памятников на Таймыре, его возраст ~2 тыс. лет. Место для стоянки было выбрано не случайно: здесь в огромном количестве добывали оленей, а кроме них — птицу и рыбу.



Наконечник стрелы, отщепы и кости.

Наша находка — опаловый наконечник стрелы, по мнению археологов (у которых мы консультировались по прибытию в Москву), представляет собой незаконченное изделие, по которому невозможно сделать атрибуцию, поскольку в процессе доделки он мог изменить свою форму. Каменные наконечники стрел на Таймыре существовали от мезолита до начала нашей эры. К сожалению, у нас было недостаточно времени, чтобы провести полноценное исследование на этом участке, которое, возможно, позволило бы обнаружить более существенные признаки пребывания здесь человека в голоцене.

По пути в лагерь мы наткнулись на более позднее орудие охотничьего промысла — старую деревянную пасть, которую использовали аборигены для ловли песцов еще в середине

прошлого века; рядом с ней валялось современное орудие лова — металлический капкан. В течение менее чем одного дня мы столкнулись со свидетельствами человеческой деятельности в разные исторические эпохи. Таймыр — уникальное место на севере. Здесь внимательный и интересующийся путешественник все еще может окунуться в дикую природу и сделать новые открытия.

Течение увлекло нас вниз. По берегам мы наблюдали уже ставшие нам привычными хорошо сохранившиеся стволы деревьев, которые сейчас здесь не растут. Когда мы проплывали очередное обнажение, на его склоне мы заметили два белых ствола изогнутой формы. Причалили к берегу и направились к объектам. Сразу же стало ясно — это самые настоящие бивни мамонта. Бивни лежали по-

одаль друг от друга. Для нас это была уникальная находка. Мы впервые встретили на Таймыре почти целые бивни мамонта хорошей сохранности — обычно находили небольшие отщепы бивней и фрагменты костей. Приступив к расчистке склона, мы сразу же наткнулись на остатки скелета. Наиболее ценной находкой был зуб мамонта практически идеальной сохранности. Всего у мамонтов четыре зуба, по два на верхней и нижней челюстях. Жевательная поверхность зубов плоская и покрыта вертикальными пластинками. По завершении экспедиции по нашей просьбе зуб проанализировал палеонтолог из Южного научного центра РАН В.В.Титов, который установил, что это правый верхний зуб предпоследней смены (в течение своего жизненного цикла мамонты меняют зубы шесть





С зубом мамонта.

раз) и принадлежит он представителю шерстистого мамонта *Mammuthus primigenius*. Судя по степени стертости зуба, индивидуальный возраст особи можно оценить примерно в 50 лет. На зубе сохранилась 21 пластина из 25–26, характерных для мамонтов этого периода. Это было взрослое животное, можно даже сказать старое (мамонты

жили до 80 лет). На внутренней поверхности зуба имеются следы хронического воспаления, которое, видимо, не доставляло животному особого беспокойства. Вообще, заболевания зубов обычны для шерстистых мамонтов, особенно обитавших на севере Евразии в конце плейстоцена. По мнению Титова, исследованный зуб принадлежал особи женского пола: у самца этого возраста бивни были бы заметно толще и длиннее. В Минске в радиоуглеродной лаборатории Института геологических наук АН Беларуси по кости получен абсолютный возраст этого мамонта —  $34480 \pm 2675$  лет (IGSB-1423).

На территории Таймыра мамонты появились около 50 тыс. лет назад. Самые древние находки — на реках Хатанге (возраст  $>53170$  лет) и Маймече ( $49700 \pm 1100$  лет) [4]. Одна из самых молодых найдена на р.Нижней Таймыре ( $9670 \pm 60$  лет). Находка мамонта 1996 г. оленевода Алексея Жаркова на берегу речки Кырса-Юрях — самая известная. В конце мая

1998 г. российско-французская экспедиция высадились на крутом берегу этой реки. Железными ломками, кайлами и клиньями освободили из мерзлоты череп мамонта с прекрасно сохранившимися зубами.

Были взяты многочисленные пробы поверхности зубов и костей, пробы шерсти, шкуры и мягких тканей. По данным радиоуглеродного анализа, полученным в г. Утрехте в Голландии, возраст этого мамонта (который получил имя «Жарков») определен в  $20380 \pm 140$  лет назад.

Воодушевленная такой находкой, местная администрация при поддержке директора заповедника «Таймырский» Ю.Карбаинова и главы французской туристической фирмы Б.Бюига в 1999 г. создала в пос.Хатанга Музей мамонта, вырубленный в вечной мерзлоте под поселком. Здесь даже летом сохраняется минусовая температура. Потолки подземного хранилища покрыты слоем изморози. Стены выложены брусками льда. Пещера подсвечивается тусклыми лампами, для того чтобы не нагревался воздух. В музее представлено много экспонатов, включая 115 бивней мамонтов, которые стоят вдоль стен. В конце подземелья сквозь ледяные кирпичи просвечивает силуэт мамонта.

Погрузив находки в лодку, мы направились дальше. Река стала трудно узнаваема, в тех местах, где по пути вверх было полноводное русло, сейчас лежали обширные песчаные косы, делившие водоток на извилистые протоки. Мы как будто плыли по другой реке. Впоследствии мы узнали, почему р.Новая имеет такое название. Большая часть территории, по которой она течет, покрыта песчаными флювиогляциальными отложениями. Из-за их податливости к размыву река ежегодно меняет русло, вводя путника в заблуждение и каждый раз вынуждая искать новый путь. Этот факт, замеченный людьми издавна, и стал причиной названия реки.



С бивнем мамонта.





В Музее мамонта в Хатанге.

Новая и есть Новая — нас ждали не только новые находки, но и новые приключения. Проходя очередную отмель, наш мотор как-то подозрительно щелкнул и заскрежетал. Лодка перестала слушаться мотора и попала во власть ветра. Случилось то, чего мы опасались, наш мотор вышел из строя. В результате после попытки разобраться с причиной поломки стало ясно, что починить его невозможно. Следовательно, дальше мы могли плыть только на веслах. Но до Хатанги еще около 150 км, и к запланированному сроку окончания экспедиции мы бы явно не успели.

В 5 км ниже от этого места на реке обычно стоят рыбаки, а от них до кордона заповедника еще 15 км. Поэтому у нас было два шанса на спасение. Первый — добраться до рыбаков и уговорить их, используя лодку, сплавить нас на прицепе до Хатанги. И второй — если рыбаков нет, то, возможно, кто-либо из заповедника сможет нас

сплавить на прицепе. Но думать — одно дело, а наяву все происходит по-другому. До рыбаков мы плыли больше двух часов и за 200 м от цели причалили к берегу.

Рыбаки оказались на месте, но плыть в Хатангу они не могли. Мы договорились, что они нас сплавят до границы леса Ары-Мас. Плыть на прицепе гораздо интереснее, чем грести веслами. Поблагодарив рыбаков и отдав им оставшийся бензин, мы распрощались с ними.

Два дня пролетело быстро. Мы ждали вертолет, который должен был привезти нам другой двигатель и бензин. Такая помощь стала реальной благодаря нашим друзьям — хатангским геологам Олегу Кривошееву и Ивану Калмыкову. Мы связались с ними по спутниковому телефону, и они организовали для нас этот вариант. Борт был попутный, поэтому, не глуша двигателей и не мешкая, техник выбросил наш груз, после чего вертолет улетел.

На следующий день к обеду мы были у деда Беленького. Хозяева оказались на месте. Теплая встреча и вкусный обед с вяленным чиром нам были обеспечены. Алексей Иннокентьевич нам рассказал, что днем раньше проплывали в Хатангу люди из заповедника. Он слышал вертолет и решил, что мы улетели. Поэтому очень обрадовался, когда увидел нас плывущими по реке. Расставаясь, мы оставили все продукты и некоторые вещи, которые нам уже не понадобятся. Здесь, в тундре, все сгодится, и неважно — новое оно или старое. Забегая вперед, следует сказать, что мы часто общаемся с семьей Федосеевых. Дед Беленький жив, здоров и ждет наступления весны, чтобы, когда вскрыется река, опять отправиться к себе в балок на Новую.

Добравшись до устья Новой, мы остановились на последнюю ночевку. Наловили рыбы и устроили себе небольшой пир. Утром с домашним настроением загружаемся в рафт и отплыва-





В гостях у долган Федосеевых. Фото на память.



Попытка самостоятельно преодолеть 20 км до Хатанги.

ем. Хатанга встретила нас прохладным ветерком, который дул нам в лицо и тормозил наше движение. Помимо ветра, отдалять нас от реки пыталось и течение. И их усилия были не напрасны. Как только мы миновали Жданиху, наш новый мотор «Ветерок» сказал «ух» и после этого больше не издал ни единого звука, как мы ни старались его завести. Причалив к берегу, мы попытались волочить рафт за веревку по берегу. Но ничего не вышло. Грунт берега был слишком топким. Мы просто проваливались в глину.

Нам опять пришлось обращаться за помощью к нашим друзьям посредством спутникового телефона. Они знали, что по графику мы должны были прибыть в этот день и ожидали нашего возвращения. Выручать нас приехал на лодке наш давний друг Олег Кривошеев со своей собакой лайкой Айкой. Зацепив наш рафт, Олег добавил





На помощь приехал друг — О.П.Кривошеев, который на прицепе доставил нас в Хатангу.

газ и мы, взлетая над волнами, помчались на встречу с цивилизацией. Прощай, тундра! Из-за поворота появилась Хатанга, и через полтора часа мы стояли на берегу поселка.

Оказавшись снова в домике для гостей, отдохнув и рассортировав наши коллекции образ-

цов, мы осознали, насколько удачной оказалась экспедиция. Несмотря на то что основной первоначальный вариант исследований на оз.Лабаз оказался недостижимым, р.Новая преподнесла нам уникальные и разнообразные находки, которые помогут лучше понять природу

и историю освоения человеком этого удивительного района.

Остается сказать спасибо всем помогавшим нам друзьям, без помощи которых наша экспедиция не могла бы стать такой удачной. Спасибо Новой! До скорой встречи, любимый Таймыр. ■

**Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 08-05-00284.**

## Литература

1. Andreev A.A., Siegert Cb., Klimanov V.A. et al. Late Pleistocene and Holocene Vegetation and Climate on the Taymyr Lowland, Northern Siberia // Quaternary Research. 2002. V.57. P.138—150.
2. Левковская Г.М., Хлобыстин Л.П., Семенцов А.А., Романова Е.Н. Абсолютный и относительный возраст памятника Тагенар VI // Проблемы абсолютного датирования в археологии. М., 1972. С.130—133.
3. Величко А.А. Гл.9. Основные черты ландшафтных изменений на территории Северной Евразии в позднем плейстоцене и голоцене // Динамика ландшафтных компонентов и внутренних морских бассейнов Северной Евразии за последние 130 000 лет / Отв. ред. А.А.Величко. М., 2002. С.156—164.
4. Орлова Л.А., Кузьмин Я.В., Волкова В.С., Зольников И.Д. Мамонт (*Mammuthus primigenius* Blum.) и древний человек в Сибири: сопряженный анализ ареалов популяций на основе радиоуглеродных данных // Проблемы реконструкции климата и природной среды голоцена и плейстоцена Сибири. Вып.2. Новосибирск, 2000. С.383—412.

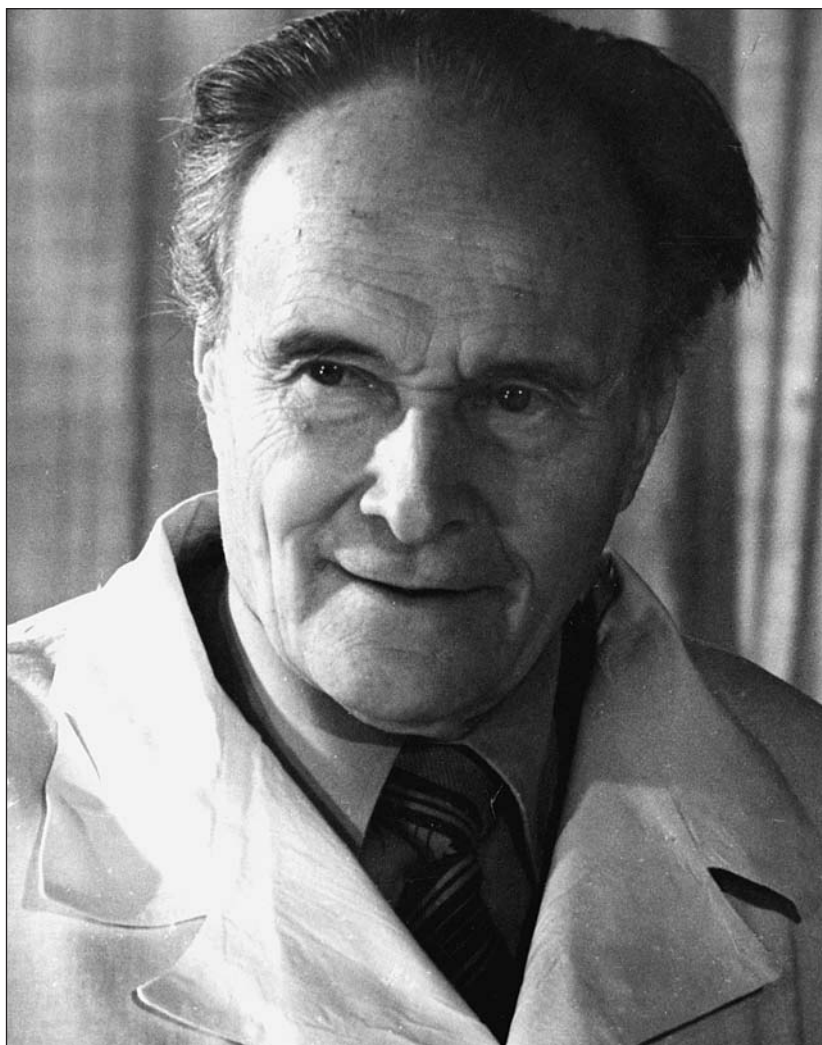


# Два Гаузе

К 100-летию со дня рождения Г.Ф.Гаузе

Я.М.Галл

*Санкт-Петербургский филиал Института истории естествознания и техники  
им.С.И.Вавилова РАН*



Г.Ф.Гаузе (27.XII.1910—2.V.1986).

До сих пор бытует мнение, что в России работало два Гаузе: один — широкий эколог и эволюционист, другой — специалист по антибиотикам. На самом деле это был один человек, Георгий Францевич Гаузе, обладавший даром и экспериментатора, и теоретика. Его ранние исследования по экологии и теории эволюции в последующем составили фундамент для блестящих работ по антибиотикам. Работы по конкуренции вошли практически во все учебники по общей и популяционной экологии.

## Первые шаги

Георгий Францевич Гаузе родился в Москве 27 декабря 1910 г. Его отец Франц Густавович Гаузе родился и вырос в Литве в рабочей семье (дед Георгия был столяром), а учиться уехал в Санкт-Петербург, где получил специальность архитектора. Впоследствии стал профессором и деканом факультета Московского архитектурного института. Мать Гаузе, Надежда Михайловна (в девичестве Иванова), была балериной Большого театра, ее отец — скрипачом в его оркестре.

Еще в школе Георгий заинтересовался зоологией беспозвоночных. Часто бывая в Зоологическом музее Московского университета, в 15 лет познакомился с хранителем коллекций музея В.В.Алпатовым. Под влиянием этого известного московского зоолога, обладавшего широким научным кругозором, особенно в области биометрии и эволюционного учения, Гаузе еще до поступления в университет подготовил первую научную работу по изменчивости у азиатской саранчи с использованием биометрических методов [1].

В 1927 г. Георгий поступил в Московский университет на биологическое отделение физико-математического факультета. Тогда студентов набирали из представителей рабочего класса, поэтому в поступлении ему очень помогло ходатайство Алпатова и директора Зоологического музея университета Г.А.Кожевникова.

В том же году Алпатов уехал в длительную научную командировку в США и попросил своего коллегу и друга Е.С.Смирнова опекать его ученика. Через год Смирнов пригласил первокурсника «по совместительству» поступить младшим научным сотрудником в возглавляемую им лабораторию Биологического института им.К.А.Тимирязева при Коммунистической академии. Тогда в этом крупнейшем

биологическом научном центре, руководимом М.С.Навашиным, работали многие выдающиеся биологи. Гаузе окунулся в жизнь института: участвовал в научных конференциях и семинарах, в решении вопросов математической биологии (которой увлекался и Смирнов). В 1929 г. Гаузе отправился в путешествие на Северный Кавказ, где изучал изменчивость и экологию прямокрылых методами математической статистики, продолжая в природных условиях тему первой статьи, выполненной на музейном материале под руководством Алпатова. Руководил этими интереснейшими работами, сочетающими натурализм и математику, Смирнов. Гаузе оставался благодарен ему и сохранил с ним связь на всю жизнь.

В том же году Алпатов вернулся из США, из лаборатории популяционных исследований Р.Перля, директора Института биологических исследований при Университете им.Дж.Хопкинса в Балтиморе. Свои популяционные исследования Перль начал во время изучения численности населения США, затем перенес их в лабораторию и проводил на самых разнообразных объектах, среди которых после посещения лаборатории Т.Моргана любимым стала дрозофила. Алпатов, включившись в «дрозофильный» проект Перля, в экспериментах изучал воздействие температуры на продолжительность жизни насекомых при различных плотностях популяции. С работ Перля и Алпатова началась экспериментальная биодемография. Авторы выдвинули концепцию «скорости жизни»: ее длительность сокращается пропорционально ускорению метаболизма\*.

Рассказ Алпатова о выдающихся работах Перля по матема-

\* Концепция и эксперименты Перля—Алпатова были проверены в 2006 г. М.Д.Голубовским и Н.Я.Вайсман. Подробнее см.: Голубовский М.Д., Вайсман Н.Я. Гены рака, стресс и долголетие: гармонический антагонизм // Природа. 2006. №12. С.11—19.



Студент Московского университета.

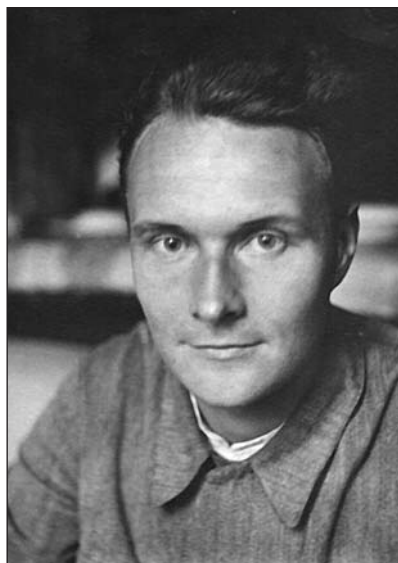
тической и экспериментальной экологии побудил Гаузе немедленно начать работу в области популяционной биологии в лаборатории экологии Биологического института. Заведующий лабораторией Смирнов, по словам Гаузе, прекрасно понимавший важность этих работ, обещал не мешать исследованиям.

## От экспериментов к теории

Вначале Гаузе, как и Перль, исследовал рост человеческих популяций и уже в начале 1930 г. подготовил статью для журнала «Доклады АН СССР» под названием «Логистическая кривая роста населения Ленинграда и европейской части СССР» [2]. В 1930—1931 гг. Гаузе выполнил ряд работ с культурами дрожжевых клеток, изучая рост изолированных и смешанных популяций различных видов [3]. При этом у молодого исследователя была возможность общаться в Биологическом институте с известными микробиологами того времени (Е.Е.Успенским, проф. А.Н.Первозванским), активно переписываться с Вольтеррой, Перлем и Лоткой\*\*.

\*\* См. также: Гиляров А.М. Экология, обретающая статус науки // Природа. 1998. №2. С.89—99.





Доктор биологических наук.

После окончания университета в 1932 г. по приглашению Алпатова Гаузе стал научным сотрудником в организованной им лаборатории экологии и полезных беспозвоночных биологического факультета МГУ. (В личном деле Гаузе есть справка, что с 25 марта по 10 октября 1931 г. он работал младшим научным сотрудником во Всесоюзном институте каучука и гуттаперчи\*.) Именно в МГУ он выполнил все свои основные экологические и эволюционные работы.

Привлекательность экспериментов Гаузе по конкуренции заключается в их красоте и простоте. Хотя некоторые натуралисты говорили о конкурентном вытеснении видов, никто не мог экспериментально показать, как это происходит. Микроскопические организмы (дрожжевые клетки, простейшие) оказались столь удобны, что в кратчайший срок были получены результаты необходимой точности, которые и по сей день нельзя получить на других объектах.

Сначала в опытах по конкуренции Гаузе использовал инфузорий *Paramecium aurelia* и *P. caudatum*, которые питались одним кормом и обитали в од-

ном пространстве. Конкуренция между ними всегда заканчивалась вытеснением одного из видов, что зависело не только от факторов среды, но и от наличия продуктов обмена веществ у конкурентов.

По-иному складывались отношения между *P. aurelia* и *P. bursaria*. Хотя и эти инфузории конкурировали за пищу и пространство, оба вида могли существовать неопределенно долгое время. Поскольку пищей для них в этой серии опытов служил смешанный корм, состоящий из дрожжей и бактерий, причину сосуществования инфузорий можно было усмотреть в пищевой специализации, которая должна была ослабить конкуренцию. Действительно, оказалось, что *P. bursaria* обитала в основном на дне пробирки и питалась оседающими дрожжевыми клетками, а *P. aurelia* находилась в верхней части пробирки и питалась преимущественно бактериями. Но и на корме, состоящем из одних только дрожжевых клеток, достигалось равновесие между видами, только при одном условии: если пробирка интенсивно освещалась. Объяснялось это тем, что вид, обитающий на дне пробирки, неминуемо исчез бы не от недостатка пищи, а от недостатка кислорода. Вид, более чувствительный к недостатку кислорода, обитал в верхней части пробирки, где его было вполне достаточно. Следовательно, каждый вид существовал в своей собственной зоне, но выживание одного обеспечивалось симбиозом с водорослью.

Еще в 1932 г. Гаузе послал письмо Перлю с предложением опубликовать в США свою книгу «Борьба за существование». Гонорар от публикации он планировал потратить на приобретение оборудования для своих дальнейших исследований. Перль поддержал идею издания книги и даже дал согласие написать к ней предисловие. При этом, указав на возможные трудности с получением гонорара, заверил: «Публикация такой

книги косвенно даст Вам значительно большие преимущества, чем деньги»\*\*. В конце 1934 г. книга «The Struggle for Existence» с предисловием Перля вышла в Балтиморе [4]. В течение 60–70-х годов ее несколько раз переиздавали в США, в том числе в 1972 и в 2003 гг. в серии «Классики математической биологии и экологии». Сегодня эту работу легко найти в Интернете\*\*\*.

Эта книга представляла собой очень естественный синтез теоретической, экспериментальной и полевой экологии. История биологии не знает случая, чтобы исследователь в возрасте 24 лет издал книгу, ставшую настольной для многих поколений экологов, натуралистов и математических биологов. Один из лидеров современной экологии Э.Хэтчинсон назвал книгу Гаузе «The Struggle for Existence» краеугольным камнем современной экологии.

Гаузе хорошо чувствовал, что после экспериментов и полевых исследований, показавших важность концепции экологической ниши, необходимо совершенствовать дарвиновскую теорию борьбы за существование. Для такой работы необходим был партнер, безукоризненно владеющий математическим аппаратом. В 1934–1937 гг. им стал известный математический физик А.А.Витт\*\*\*\*, с которым Гаузе познакомился на заседаниях биофизического центра МГУ. Они опубликовали несколько теоретических статей по математическому моделированию таких важнейших процессов, как конкуренция, симбиоз, комменсализм, мутуализм.

Гаузе и Витт исследовали возможные ситуации, когда виды принадлежат к одной или

\*\* American Philosophical society. B. P312. Pearl paper.

\*\*\* <http://www.ggaugse.com/titpagru.htm>

\*\*\*\* Александр Альфредович Витт (1904–1938), ученик академика Л.И.Мальдештама и прекрасный специалист в области теории колебаний и теории относительности, в 1937 г. арестован и в 1938 г. расстрелян.

\* Архив МГУ. Ф.443. Оп.1. Ед.хр.36. Л.16.

к нескольким экологическим нишам, что и предопределило дальнейшие работы, в которых понятие экологической ниши заняло центральное место. Совместные работы Гаузе и Витта широко цитировались и переиздавались, особенно известной стала статья 1935 г. [5].

Работы Гаузе по экспериментальному и математическому изучению борьбы за существование на моделях популяций микроорганизмов и простейших привлекли к себе большое внимание многих экспериментальных биологов из разных стран. В 1936 г. Гаузе успешно защитил их как докторскую диссертацию «Исследования по динамике смешанных популяций», официальным оппонентом которой был Владимир Иванович Вернадский.

Впервые Гаузе заинтересовался биологическим действием оптических изомеров и проблемой асимметрии протоплазмы (аминокислоты, сахара) еще в 1931—1932 гг., когда работал в биохимической лаборатории Политехнического музея в Москве, где в то время трудились известный биохимик А.Р.Кизель\* и его ученики А.Н.Белозерский и В.Л.Кретович. Здесь у Гаузе сложились дружеские отношения с Белозерским, которого он впоследствии попросит выполнить биохимический анализ грамицидина С.

В чем же суть совершенно новой исследовательской программы Гаузе, которая уже относится к области молекулярной биологии? Известно, что все аминокислоты — L-изомеры, а сахара — D-изомеры. Изучение этого феномена началось еще с фундаментальных исследований Л.Пастера, который назвал его диссимметрией. Но проблема эта занимала в основном химиков-органиков и физиков. Гаузе рассмотрел диссимметрию в аспекте биологической эволю-



Аспирантка Института экспериментальной медицины М.Г.Бражникова.

ции как прогрессивное явление: возникновение оптически активной протоплазмы усиливало функции клеточных структур. Организмы с такой асимметричной (термин Гаузе) протоплазмой получали преимущество в борьбе за существование. Оптически «чистая» протоплазма формировалась мутациями и естественным отбором, а не таинственными силами, как предполагали Пастер и его последователи. Соединение эксперимента с эволюционным подходом в проблеме стереоизомерии клетки и предопределило столь незапный, можно даже сказать, непредсказуемо огромный успех монографий Гаузе.

Летом 1933 г. Вернадский пригласил Гаузе и Алпатова к се-

бе в санаторий Академии наук «Узкое», где тогда отдыхал. Рассказ Георгия Францевича о своих работах по асимметрии протоплазмы очень заинтересовал Владимира Ивановича, и он предложил Гаузе работать в своей лаборатории. К сожалению, тот не смог реализовать эту возможность, но уже через год, в августе 1934 г., передал Вернадскому первую часть своих «Исследований по диссимметрии протоплазмы» лаборатории Вернадского [6]. Начиная с 1934 г. Георгий Францевич часто встречался с Владимиром Ивановичем, который раз в месяц приглашал его к себе домой. Они обсуждали проблемы асимметрии протоплазмы и экологии, которые очень волновали

\* Александр Робертович Кизель (1882—1944), основатель кафедры биохимии растений МГУ, из-за своего немецкого происхождения арестован в 1941 г., расстрелян в 1944 г.





В лаборатории Центрального института малярии и медицинской паразитологии. 1942 г.

Вернадского, так как его исследования были связаны с закономерностями роста живого вещества в биосфере.

Исследования по асимметрии протоплазмы выросли из ранних работ по экологии и теории эволюции. Гаузе просто

расширил методы изучения экологических и эволюционных процессов, вводя новый биохимический аспект. Его эксперименты по эффектам оптических изомеров аминокислот, алкалоидам и синтетическим компонентам, воздействующим на рост простейших и дрожжей, были подробно изложены в книгах «Асимметрия протоплазмы» и «Оптическая активность и живая материя», изданных в СССР в 1940 г. и в США в 1941 г. [7].

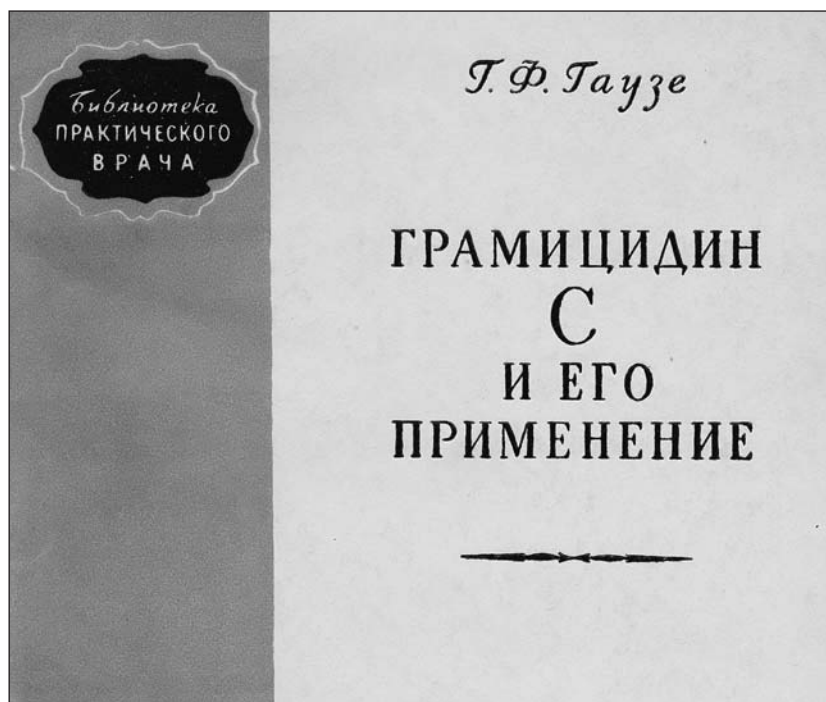
Еще в 1937 г. Гаузе в лаборатории экологии МГУ начал выполнять важнейшие эксперименты по изучению естественного отбора. Эти работы стали логическим продолжением исследований по борьбе за существование. Используя разработанные и хорошо апробированные в лаборатории методы и ранее использованные культуры простейших, можно было прямо решать фундаментальные проблемы теории естественного отбора.

Эти работы он продолжал вместе со своей сотрудницей Н.П.Смарагдовой. Были проведены обширные исследования по

выявлению связи между модификациями и мутациями в процессе естественного отбора [8], которые Гаузе обобщил в монографии «Экология и некоторые проблемы происхождения видов». Но эта книга, подписанная к печати 29 июня 1941 г., не увидела свет. Почему? Ведь во время войны, особенно поначалу, выпуск научной литературы не прекращался, тем более в Москве. Вероятно, это было связано с фамилией Гаузе, поскольку она скорее немецкого, чем русского происхождения (такие подпадали под особый контроль НКВД). После окончания войны монографию издали в США в сокращенном виде под названием «Проблемы эволюции». В полном объеме она вышла лишь в 1984 г. в тематическом сборнике «Экология и эволюционная теория».

В сентябре 1939 г. началась Вторая мировая война, ситуация в мире резко изменилась, и Гаузе начал активно работать по оборонной тематике. В 1940 г. по его инициативе Дезинфекционный институт Минздрава СССР заключил договор с лабораторией экологии МГУ по вопросам изучения действия дезинфицирующих веществ. Все те методы, которые применялись Гаузе для изучения борьбы за существование и естественного отбора в культурах простейших, стали использоваться для изучения дезинфицирующих веществ. Эти исследования имели оборонное значение и были связаны с защитой от бактериологического оружия.

Новизна работ Гаузе состояла в том, что для тестирования дезинфицирующих веществ вместо культур бактерий он использовал культуры простейших, а это позволяло резко ускорить темпы и надежность научно-исследовательских работ. Часть исследований в этом направлении вышла в «Докладах Академии наук СССР». Важнейшее значение в этом цикле имела статья «О действии некоторых дезинфицирующих веществ на бактерии и на простейших» [9].



Обложка книги, вышедшей в 1952 г. в серии «Библиотечка практического врача».

## Антибиотики

Работая по оборонной тематике, Гаузе близко познакомился с П.Г.Сергиевым, главой Народного комиссариата здравоохранения РСФСР, председателем медицинского ученого совета и директором Института малярии и медицинской паразитологии НКЗ СССР. Именно он оказал влияние на переход Гаузе в область медицины, подобное тому, которое ранее имел Алпатов.

Вскоре после начала Великой Отечественной войны Гаузе покинул университет и возглавил отдел санитарной инспекции Сталинского района Москвы, одновременно по совместительству работал в Институте медицинской паразитологии и малярии Наркомздрава СССР. В это время из заметки, опубликованной в лондонском журнале «Nature», он узнал об успешном применении в американских военных госпиталях тиро-трицина, антибактериального препарата микробного происхождения, полученного доктором Р.Дьюбо. В то время значимость антибиотиков для медицины понимали немногие, в их числе был Сергиев. В январе 1942 г. он по предложению Гаузе организовал в своем институте в Москве лабораторию антибиотиков и назначил Георгия Францевича ее заведующим.

В 1937 г. Гаузе женился на аспирантке Всесоюзного института экспериментальной медицины Марии Георгиевне Бражниковой (1913–1998). Познакомились они на лекциях по биохимии в МГУ, которые читал Е.С.Северин. Гаузе, будучи доктором наук, непрерывно пополнял свое образование в области биохимии и микробиологии. Так, по словам Марии Георгиевны, в 1939–1940 гг. он прослушал и проработал полный практикум по медицинской микробиологии. Бражникова в то время работала над диссертацией под руководством Д.Л.Рубинштейна на тему «Обмен у эритроцитов калиевого и на-



Руководитель отдела химии М.Г.Бражникова.

триевого типов». В 1940 г. у них родился сын Юра, ныне известный специалист в области молекулярной биологии, который выполнил важные исследования по изучению молекулярных механизмов действия антибиотиков.

Уже летом 1942 г. Гаузе и Бражникова изолировали из линии *Bacillus brevis* (var. *Gause–Brajnikova*), обитающей в почвах Подмосковья, первый оригинальный отечественный антибиотик грамицидин S (грамицидин советский). Талант Бражниковой как химика, выделяющего новые природные соединения, в сочетании с подходом Гаузе как микробиолога и широкого биолога-эволюциониста очень быстро дал важные результаты [10]. Грамицидин S оказался весьма эффективным при лечении гнойных инфицированных ран. Его удалось быстро внедрить в практику здравоохранения, и уже в 1943–1944 гг. он широко использовался в госпиталях и в военнопольных условиях. Этим первым лечебным антибиотиком, открытым в СССР, до сих пор лечат горловые инфекции, только почему-то в аптеках его называют грамидином.

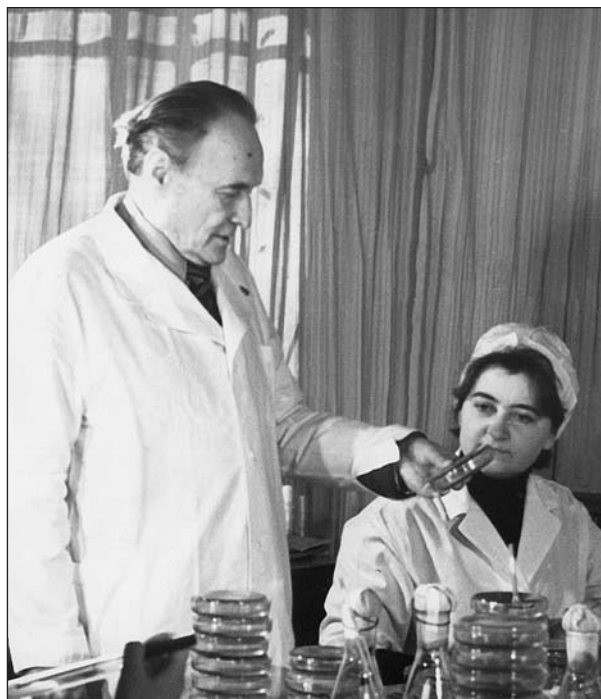
В начале 1944 г. грамицидин S был передан по линии Красного Креста британским ученым для более детального структурного анализа. Его циклическую декапептидную структуру изучил нобелевский лауреат Р.Синж\*, а трехмерную структуру установила тоже нобелевский лауреат Д.Хочкинс. В работе принимала участие и Маргарет Робертс (тогда сотрудник лаборатории Хочкинса) — она проводила измерения кристаллов с помощью рентгеновских лучей. Впоследствии она ушла в политику и (под фамилией мужа) стала всемирно известной Маргарет Тетчер.

В работах Гаузе по антибиотикам сошлись практически все линии ранних довоенных экологических, эволюционных и цитологических исследований. Сама судьба подготовила Гаузе к тому, чтобы стать одной из важнейших мировых фигур в области изучения антибиотиков.

В декабре 1944 г. подполковник медицинской службы Гаузе

\* Synge Richard (1914–1994), получил Нобелевскую премию в 1952 г. за изобретение парциальной хроматографии. В нобелевский цикл работ вошли исследования по кристаллографическому изучению грамицидина S.





В Доме ученых (1976) и в лаборатории отдела микробиологии с Л.П.Тереховой (1977) — ныне она заведует этим отделом.

возвратился со Второго Прибалтийского фронта, и сразу же произошла его последняя встреча с Вернадским. Во время встречи Гаузе рассказал о работах по испытанию антибиотиков в полевых госпиталях под руководством академика Н.Н.Бурденко. Владимир Иванович очень обрадовался результатам этих работ и попросил Гаузе подготовить книгу по антибиотикам, адресованную широким кругам медиков, микробиологов и химиков. Книга с посвящением памяти В.И.Вернадского вышла в научно-популярной серии АН СССР под названием: «Лекарственные вещества микробов». Она читается как увлекательная повесть, в которую вложено столько мастерства, творческой энергии и прозрачной ясности!

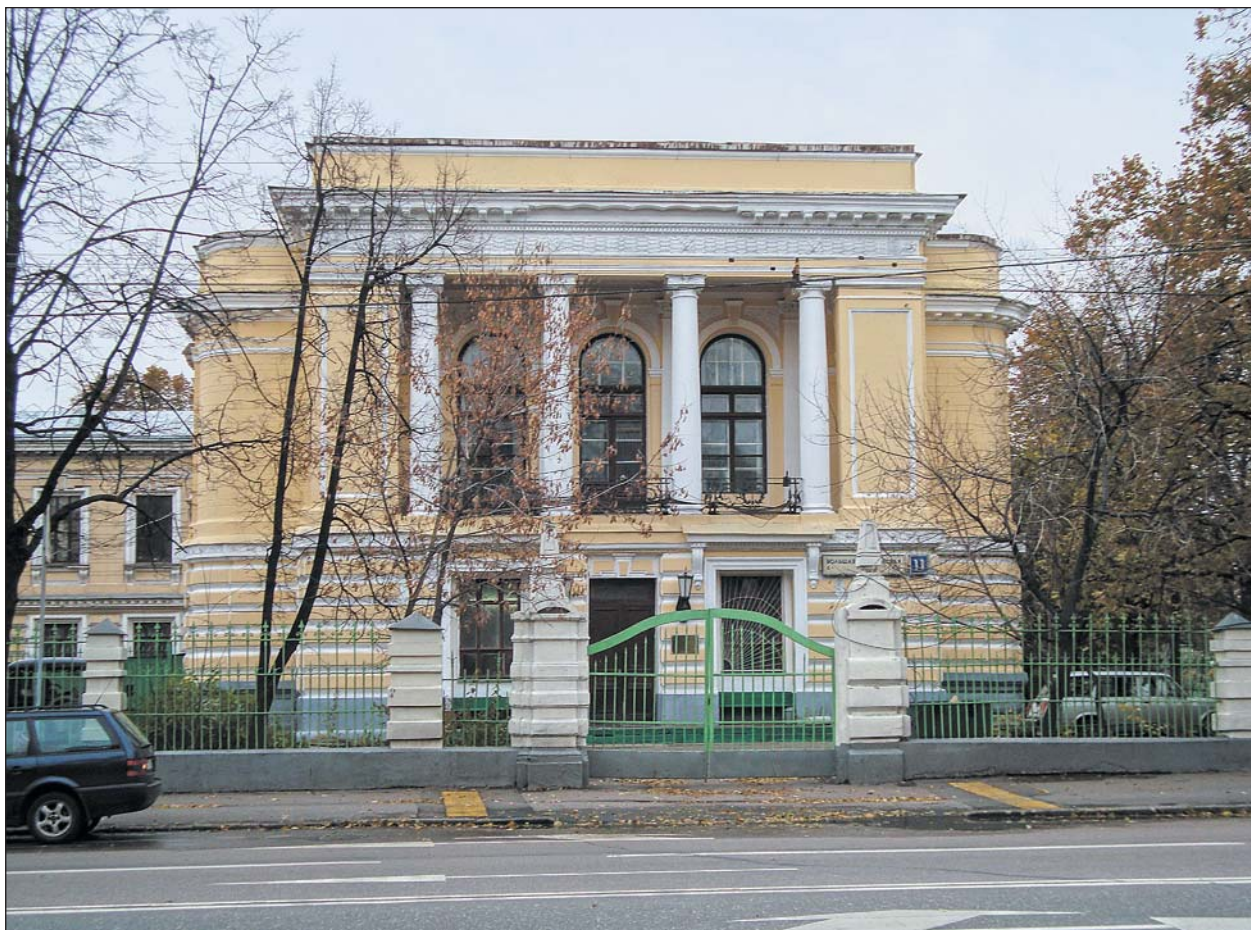
В 1943–1945 гг. Сталинские премии не присуждались, видимо, ввиду большой занятости Сталина (все списки номинантов он всегда просматривал лично). В 1946 г. среди большой группы писателей, музыкантов и ученых Сталинской премии третьей степени удостоили Гау-

зе, Бражникову и Сергиева — за открытие и внедрение грамицидина S в медицинскую практику. В 1979 г. Американский институт по истории фармацептики при финансовой поддержке Американского химического общества провел представительную конференцию по истории антибиотиков, выбрав при этом три важнейших антибиотика: пенициллин, грамицидин S и стрептомицин. В статье, посланной участникам международного симпозиума, Гаузе подчеркивал, что антибиотики — это естественный продукт, который представляет собой химическое оружие, используемое микроорганизмами в конкуренции за ресурсы в конкретной среде.

До августовской сессии ВАСХНИЛ 1948 г. Гаузе работал в рамках широкой международной кооперации, публикуя новейшие данные по антибиотикам в престижных международных изданиях. Но сразу же после сессии, в сентябре 1948 г., на расширенном заседании Президиума АМН СССР было принято постановление об освобожде-

нии от работы Г.Ф.Гаузе, Л.Я.Бляхера и Д.Н.Насонова в силу их «менделистски-морганистско-вейсманистских» взглядов. Одновременно в «Правде» появилась статья, в которой Гаузе был обвинен в шпионаже за передачу грамицидина С Великобритании. Однако большая трагедия прошла мимо Гаузе и его сотрудников. Руководство страны и высшие военные чины уже хорошо понимали, что антибиотики — решающее средство в защите против бактериологического оружия, поэтому жизнь и деятельность ученого не только продолжились, но и получили новое развитие.

В 1948 г. лабораторию Гаузе вывели из состава Института малярии и медицинской паразитологии и преобразовали на правах самостоятельного института в Лабораторию антибиотиков АМН СССР, которая просуществовала до марта 1953 г. Постановлением Совета Министров СССР от 23 октября 1953 г. на основе лаборатории, возглавляемой Гаузе, был организован Всесоюзный научно-исследователь-



Институт по изысканию новых антибиотиков им.Г.Ф.Гаузе. Построен в 1896 г. по проекту Р.И.Клейна на средства московского мецената П.Г.Шелапутина как Гинекологический институт с клиникой при Московском университете. В этом здании Г.Ф.Гаузе работал с 1953 по 1986 г.

ский институт по изысканию новых антибиотиков (НИИИНА) АМН СССР. Директором института назначили С.Д.Юдинцева\*, по специальности фармаколога, заместителем директора института по научной работе и заведующим отделом микробиологии — Гаузе. Возглавить институт тогда он не смог, поскольку не принял предложение вступить в КПСС, что тогда было обязательным условием.

В 1949 г. Гаузе и Бражникова открыли альбомизин — антибиотик с очень низкой токсичностью, который широко применялся при лечении воспаления легких даже у детей [12]. В 1951 г. Гаузе и его сотрудники изолиро-



За рабочим столом. 1984 г.

\* Подробнее см.: Корсаков С.Н. Декан С.Д.Юдинцев // Природа. 2010. №3. С.63—71.





Два Гаузе: слева сын Георгия Францевича, Георгий Георгиевич — в настоящее время ведущий научный сотрудник института. Одна из последних фотографий.

вали линию, производящую антибиотик колимицин, который позднее был идентифицирован с неомицином, открытым в то же время Ваксманом.

Директором института Гаузе стал в 1960 г. и продолжал работать в этой должности до кончины. Деятельность института протекала в трех основных направлениях. Гаузе возглавлял отдел микробиологии, главная работа которого состояла в поиске продуцентов антибиотиков. Отдел химии, возглавляемый Бражниковой, отвечал за изоляцию и изучение химических и физических свойств антибиотиков, в том числе методом ядерно-магнитного резонанса. В.А.Шорин организовал отдел фармакологии и химиотерапии, и результаты деятельности отдела широко использовались медиками как базовые в практической деятельности.

Обстановка в институте была творчески напряженной и дружеской. Гаузе полагал, что должен знать по имени каждого сотрудника, поэтому штат состоял из 200 человек, включая

лаборантов и административных работников. Всякие предложения сверху по увеличению штата категорически отвергались. Сами же сотрудники называли свое учреждение «Институтом Г.Ф. и М.Г.».

В институте было открыто много антибактериальных и противораковых антибиотиков, часть из которых вошла в медицинскую практику (оливомицин, брунеомицин, рубомицин, карминомицин), а другие широко использовались в структурных и функциональных исследованиях, особенно в области молекулярной биологии. Хорошо известны среди открытых и изученных в институте антибиотиков такие антибактериальные препараты, как мономицин, ристомицин, линкомицин, канамицин, гелиомицин. Для идентификации новых антибиотиков Гаузе успешно комбинировал теоретические принципы с практикой, требующей внедрения новых препаратов в медицину. Он разработал эколого-географическую стратегию поиска новых антибиотиков, ос-

нованную на допущении, что в почвах, богатых разнообразной микрофлорой (в субтропиках и тропических областях), содержится больше антагонистических линий, чем в почвах умеренных климатических зон. Согласно Гаузе, сами антибиотики подвергаются процессу эволюции. Эти принципиальные идеи были изложены им впервые в законченной форме в монографии 1957 г., которая была переведена на английский и немецкий языки.

Наряду с огромной научно-исследовательской работой Георгий Францевич в 40—50-х годах преподавал на биологическом факультете МГУ, читая оригинальный курс «Учение об антибиотиках». Он имел огромный успех у студентов и преподавателей, лекции Гаузе, впервые изданные в 1949 г., несколько раз переиздавались [13]. Постоянные связи Гаузе с МГУ позволили ему отбирать студентов для работы в свою лабораторию, а позднее и в отдел микробиологии.

В 1950 г. С.Хакманн открыл противораковое действие актиномицина, и Гаузе сразу же окунулся в новую область. Позднее, используя *in vitro* культуры раковых клеток, он вместе со своим учеником Ю.В.Дудником разработал модели для изучения механизмов действия антибиотиков на молекулярном уровне [14]. Деятельность Георгия Францевича и его института быстро получила мировое признание. В 1966 г. его пригласили прочитать лекцию в Обществе химической индустрии Лондона на тему «Аспекты исследования антибиотиков». Он посвятил ее методам поиска противораковых антибиотиков и дал сравнительный анализ таких работ, проводимых в США, СССР и Японии. Созданный Г.Ф.Гаузе, Т.П.Преображенской и их учениками в 1983 г. оригинальный «Определитель актиномицетов» был переведен в Венгрии на английский язык [15].

Заслуги Гаузе в области теории эволюции были высоко

оценены в юбилейный год Ч.Дарвина. В 1959 г. Георгия Францевича пригласили в Чикаго на конференцию, посвященную 150-летию со дня рождения Дарвина и 100-летию выхода в свет «Происхождения видов». Эта конференция вошла в историю науки как триумф современного дарвинизма. Как почетный гость, Гаузе на первом заседании находился в президиуме вместе с Ф.Добрянским, Э.Майром и Дж.Симпсоном, а затем выступил с докладом «Дарвинизм, микробиология и рак». Его поездка состоялась благодаря гранту, полученному от Национальной академии наук США. Впоследствии Гаузе принял участие в подготовке первого тома «Проблем эволюции» и в издании коллективной монографии «Развитие эволюционной теории в СССР». В последние годы жизни он интересовался методологическими и философскими проблемами

биологии и вместе с Р.С.Карпинской, написал много статей и рецензий. Во всей своей разнообразной научной деятельности Гаузе следовал эколого-эволюционному подходу, который он разработал в молодые годы.

Умер Георгий Францевич 2 мая 1986 г., в Чернобыльские дни. В 2002 г. по ходатайству Президиума РАН Институту по изысканию новых антибиотиков РАН присвоили имя Г.Ф.Гаузе.

\* \* \*

Перечитывая труды Гаузе по борьбе за существование и естественному отбору, приходится удивляться выбору тем. Он умел отсекал все «лишнее» и творил, как настоящий скульптор, хорошо зная, что экспериментально полученные результаты выпадут в твердый осадок вне зависимости от темпа исследований. На основании многочисленных экспериментов Гаузе предложил

свою концепцию экологической ниши, в которой объединил положение вида в пространстве и его функциональную роль в сообществе. Эти опыты по конкурентному вытеснению видов составили экспериментальную основу положения, вошедшего в мировую литературу под названием закона Гаузе, или принципа конкурентного исключения. Заслуга Гаузе в том, что он подошел к решению экспериментальных проблем не с позиций специализированного направления, например экологии или генетики популяций, а как широкий зоолог, владеющий всем арсеналом знаний, необходимых для «проведения работ такого сорта». Поэтому, когда уже в наши дни резко возрос интерес к проблеме адаптивных модификаций с позиций эпигенетики и мобильной генетики, вновь следует вернуться к экспериментам Гаузе, которые несут в себе универсальное знание. ■

## Литература

1. Гаузе Г.Ф. К изменчивости у азиатской саранчи *Locusta migratoria* L. // Бюлл. постоянного Бюро Всерос. энтомофитопат. съездов. 1928. Т.IV. №6. С.915—929.
2. Гаузе Г.Ф. Логистические кривые роста населения Ленинграда и СССР // Докл. АН СССР. 1930. Сер. А. №25. С.663—666.
3. Гаузе Г.Ф. Математическая теория борьбы за существование и ее применение к популяциям дрожжевых клеток // Бюллетень МОИП. 1934. Отд. биол. Т.43. Вып.1. С.69—87.
4. Gause G.F. The Struggle for Existence. Baltimore, 1934; 2nd. N.Y.; L., 1964; 3d. N.Y., 1972; 4th. N.Y., 2003.
5. Gause G.F., Witt A.A. Behaviour of Mixed Populations and Problem of Natural Selection // Amer. Nat. 1935. V.69. №724. P.526—609.
6. Гаузе Г.Ф. Исследования по диссимметрии протоплазмы. I. Сравнительный анализ влияния изомеров цинхонина на простейших // Тр. биогеохим. лаб. 1937. Вып.4. С.295—299.
7. Гаузе Г.Ф. Асимметрия протоплазмы. М.; Л., 1940.
8. Смарагдова Н.П., Гаузе Г.Ф. Исследования по естественному отбору у простейших. II: Сравнительный анализ приспособления *Paramecium caudatum* к повышенной солености среды и к растворам хинина // Зоол. журн. 1939. Т.18. Вып.4. С.642—655.
9. Гаузе Г.Ф. О действии некоторых дезинфицирующих веществ на бактерии и простейших // ДАН СССР. Новая серия. 1940. Т.27. №6. С.622—625.
10. Гаузе Г.Ф., Бражникова М.Г., Белозерский А.Н., Пасхина Т.С. Биологическая и химическая характеристика кристаллического грамицидина С // Бюлл. эксп. биологии и медицины. 1944. Т.13. №10—11. С.3—6.
11. Гаузе Г.Ф. Антибиотики и оптическая активность // Усп. совр. биол. 1947. Т.23. Вып.3. С.404—412.
12. Гаузе Г.Ф., Бражникова М.Г. Новый антибиотик — альбомин (экспериментальные данные и применение в педиатрии) // Новости медицины. 1951. Вып.23. С.3—7.
13. Гаузе Г.Ф. Лекции по антибиотикам. 3-е изд., доп. М., 1959.
14. Гаузе Г.Ф., Дудник Ю.В. Исследование молекулярных механизмов действия и применение противоопухолевых антибиотиков в СССР // Антибиотики. 1982. №12. С.9—18.
15. Гаузе Г.Ф., Преображенская Т.П., Свешникова М.А., Терехова Л.П., Максимова Т.С. Определитель актиномицетов. М., 1983.



# Взгляд сквозь... слюду

Т.Д.Панова,

доктор исторических наук

Музей-заповедник «Московский Кремль»

Как это ни покажется странным, но минерал мусковит из группы слюд подкласса слоистых силикатов, расщепляющийся на тончайшие листочки, которые обладают высокими диэлектрическими свойствами и термостойкостью, хорошо известен и археологам. Находки в средневековых слоях русских городов свидетельствуют, что люди того времени активно использовали слюду, однако совсем в других целях. Ценили ее за то, что она пропускает свет и сквозь нее хорошо все видно.

На территории Московского Кремля изделия из различных природных материалов — не редкость. В быту москвичей середины XII—XVII вв. (да и позднее) использовали оселки из песчаника и каменные грузила для сетей, шиферные пряслица — при сучении нитей, янтарные крестики и бусы из горного хрусталя и сердолика, предметы из дерева, глины и кожи животных. Находки вещей из слюды не относятся к категории многочисленных, но они всегда вызывают живой интерес у археологов. Правда, по обломкам этих тоненьких листочков минерала светло-коричневого цвета не всегда можно точно определить, в каком изделии использовалась эта слюда. Зато не вызывает сомнений назначение найденной в 1994 г. пластинки от фонаря: свеча, помещенная в такой слюдяной фонарь, не гасла от порывов ветра и достаточно хорошо освещала пространство — жилище или дорогу для идущего человека.

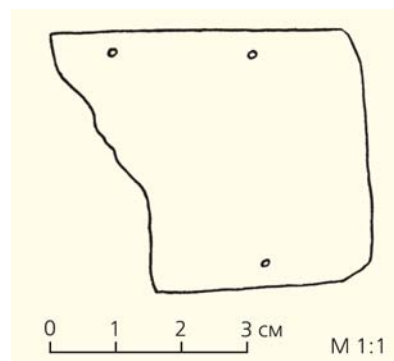
Судя по всему, мусковит не был чем-то необычным, и по-

этому упоминаний о нем в письменных источниках русского средневековья вплоть до XVII столетия мы не найдем. Другое дело — раннее Новое время. Записи в документах того периода уже более информативны. И, как выясняется, порою дополняют и объясняют археологические материалы.

Так, в 2001 г. во время наблюдений за земляными работами у южной стены Архангельского собора Кремля было обнаружено довольно много слюды в виде небольших пластинок [1]. Мы предположили, что когда-то в Архангельском соборе окна были сделаны из слюды. Позднее в «Дворцовых разрядах» под 1626 г. оказалась следующая запись: «...по Государеву указу... отпущено два пуда слюды, цена по четыре рубли пуд; взял дворцовой подъячей Григорей Иванов, а делати в той слюде к Архангелу Михаилу окончины» [2]. Так исторический документ помог археологам понять, к какому времени относились остатки слюдяных окон Архангельского собора, попавшие в землю после их замены на стеклянные.

А когда в 1959 г. на территории Московского Кремля рыли котлован под строительство Дворца съездов, тоже были обнаружены фрагменты мусковита, причем в наиболее древних слоях города (конца XII — начала XIII в.).

Есть в письменных источниках и сведения о том, где добывали слюду в прежние времена. Наиболее ранние данные (середина XVII в.) указывают на Сибирь. В одной из царских грамот, отправленных «пустозерскому воеводе» (современный



Фрагмент слюдяной пластинки (прорисовка): видимо, это обломок небольшого фонаря конца XV в. По краям пластинки видны мелкие круглые отверстия — следы проколов для соединения частей осветительного прибора между собой.

Здесь и далее иллюстрации, предоставленные автором

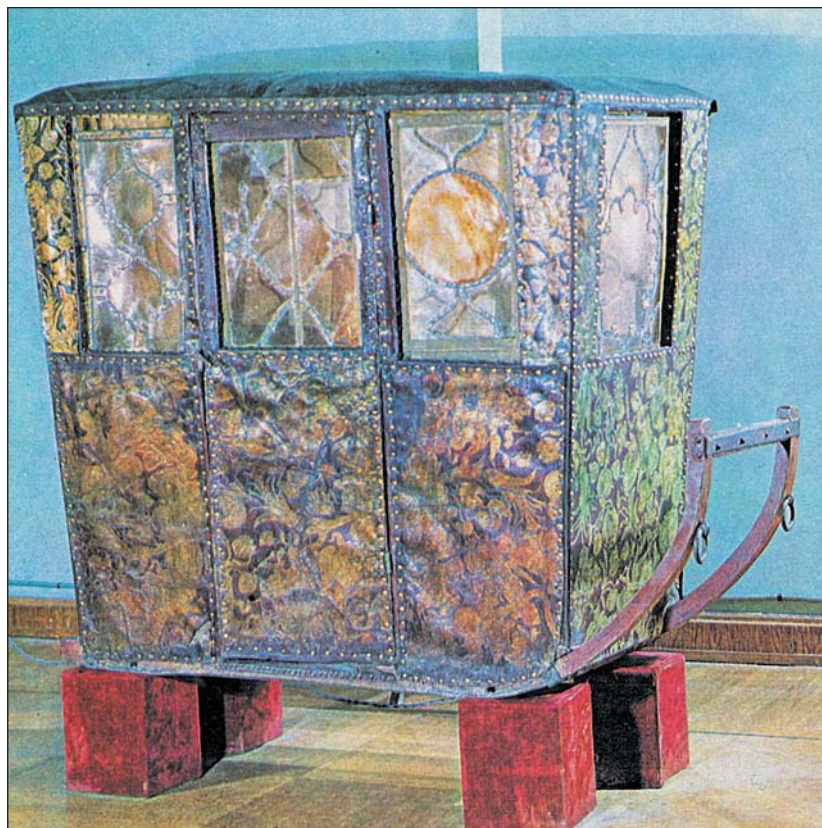


Слюдяная оконница XVII в. из Московского Кремля.

Красноярский край), указывалось: «Подалась де к Пустозерскому же острогу гора великая, а в той горе слюда, и той де слюды и наверху той горы много... досмотря велеть слюду промышлять с великим радением» [3. С.174]. Из другого документа времени царя Алексея Михайловича — к «енисейскому воеводе» — становится ясно, что минерал этот высоко ценился и что государство контролировало и добычу, и продажу слюды. Грамота говорит «о доставлении добываемой на тех промыслах слюды в Москву и о запрещении продавать ее в Сибирских городах». Царский указ содержит даже описание разных сортов мусковита: «...велено... в нашу государеву казну имать с лутчие слюды лутчую, а с средние среднюю, а с худые худую, десятой пуд» [3. С.96].

О дороговизне добычи слюды и ее доставки из далекой Сибири говорят цены на изделия с использованием этого природного материала. Так, во вкладной книге Серпуховского Высоцкого монастыря за 1656 г. среди других необходимых обители вещей упомянут «фонарь большой слюдовой о семи верхах за восемь рублей за десять алтын» [4]. По тем временам это была значительная сумма, если упомянуть, что лошадь, например, стоила тогда два-три рубля.

Поскольку своего стекла в России не производили вплоть до конца XVII в., а привозное было очень дорогим, слюда активно шла на изготовление окон (или, как их называли, оконниц или окончин) для жилых построек русской знати. Слюдяные оконницы упоми-



Зимний возок, изготовленный для детей царя Алексея Михайловича. Конец XVII в.

наются в описаниях домов Артамона Матвеева в селе Рождественное и князя Василия Голицына в селе Медведково в Подмосковье [5]. Окна из слюды сохранились в собрании музея-заповедника «Московский Кремль». Ажурное металлическое крепление для фигурных пластин мусковита делает это окно 17-го столетия не только удобным для освещения жилого пространства, но и красивой деталью оформления деревянных и каменных домов знатных владельцев.

Вообще XVII в. демонстрирует активное использование слю-

ды в прикладном искусстве и даже при создании средств передвижения. В одном из залов Оружейной палаты экспонируются два детских возка того времени — летний и зимний. Окна и частично дверцы этих возков для развлечения царских детей выполнены из слюды.

Так на протяжении нескольких веков мусковит служил людям, поражая их своей прозрачностью и красотой. В XX в. слюда привлекла внимание уже совсем другими качествами и стала использоваться в производстве стройматериалов, в радио- и электротехнике. ■

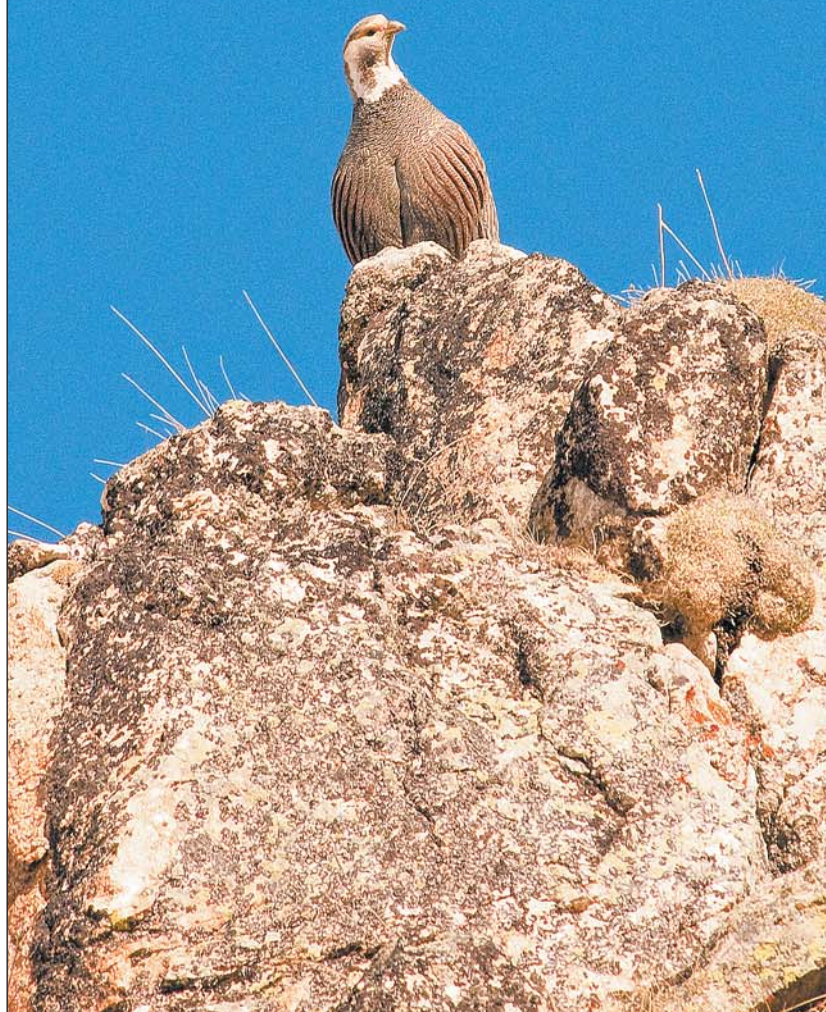
## Литература

1. Панова Т.Д. Древний Кремль. М., 2009.
2. Дополнения к Дворцовым разрядам. ЧОИДР (Чтения в Обществе истории и древностей Российских). 1882. Кн. III. Стб. 459.
3. Дополнения к Актам историческим. Т. V. СПб., 1853.
4. Вкладная книга Серпуховского Высоцкого монастыря. М., 1993. С. 59.
5. Тихонов Ю.А. Подмосковные имения русской аристократии во второй половине XVII — начале XVIII в. // Дворянство и крепостной строй России XVI—XVIII вв. М., 1975. С. 145—149.



# Теберда поднебесная

**В.И.Булавинцев,**  
кандидат биологических наук  
Москва



Сборы в Теберду были долгие, загодя беспокойство одолевало. Место новое, знакомых — никого. Прежние поездки на Кавказ, в Кабардино-Балкарию, не в счет. Там свои люди были, в Безенги альплагерь недорогой, уютный. Только горы не в меру суровые, больно круто и тяжело к хребтам подниматься. В Теберде, по слухам, проще, горы пониже, природа сказочная, это и соблазняло, да и новое место всегда манит сильнее.

Лезть высоко в горы не всем обязательно, но нам нужно было. Там, в высокогорье, своя жизнь, суровая и первозданно величественная, и только там, на высоте, обитают замечательные птицы: улары, стенолазы, корольковые вьюрки и прочие пернатые, перечислять коих не стоит, дабы не утомлять читателя излишними подробностями.

Нас трое — автор этого очерка и два товарища Слава и Миша. Все мы «больны» единой страстью — фотоохотой. Тяжко на высокогорное плато подниматься, все с собой тащить приходится. Одежда, спальник, газ, продукты, да и телеоптика с «фотожелезом» — не пенопласт. Одним словом, рюкзак килограммов в двадцать — обуза не малая. Из Тебердинского заповедника подвезли нас до минерального источника (там нарзан из скал течет), дальше машине хода нет, только пешком. В целом примерно на километр подняться нужно в горную кручу, чтобы на высокогорное плато выйти, где лагерем стоять думали. Тяжко шли, пять часов кряду. Поднялись к кошаре брошенной, раньше в ней пастухи летом жили. Теперь здесь заповедные земли, кошара пустует. Нам — кстати, ведь приют какой-никакой, с палатками связываться не надо, зря только их тащили. До кошары рукой подать, метров двести, а сил пройти затяжной пологий подъем уже нет никаких. Но отдышались и дошли.

© Булавинцев В.И., 2010





Последний форпост криволеся.

Здесь и далее фото автора

В кошаре печка-буржуйка, полати для сна. Дверь, с мясом вырванная, рядом на камнях валяется, крыша течет, в щели дует со всех сторон. Лачуга наша понизу из каменных глыб сложена, сверху сруб из тонких сосновых бревнышек. Обжились, дверь приладили, щели заткнули. Жить можно. Вокруг красота дикая, величественная. Ниже нас лес сосновый, зеленью свежей хвои глаз радуется. По северному склону последние березки криволеся в снегу стоят. В стороне, ниже кошары, речка Кышкаджер неумолчно шумит. Здесь она в верховье мелкая, по камням, не замочив ног, перейти можно. Северные склоны в снегу, а южные желтеют от прошлогодних сухих трав. Скальные останцы, осыпи и горные хребты от снега давно освободились. Вот он рай для уларов и прочей птичьей разности. Кстати, и гадюки по



Кошара — наше местожительство на высоте 2600 м.





Брачная пара уларов на склоне, покрытом прошлогодней травой со снегом пополам. Самка спокойно кормится, а самец стережет, зорко озираясь вокруг.

южным склонам высоко в горах обычны, хотя ниже в Теберде они редкость.

Теперь об уларах, главной нашей заботе. К ним страсть у меня давняя, полвека страдаю. Увидел этих птиц в высокогорной Осетии в молодости так и по сей день к ним неравнодушен. Да и как иначе? Улары — птицы особые, опереньем скромны, но красивы необыкновенно: в дымчато-сизом перье, с охристой россыпью по крыльям, ремнистым рисунком по бокам и белым подхвостьем. Обитают улары в самом поднебесье, на высоких хребтах трех- и четырехтысячников. Птицы эти крупные, тяжелые, с большую курицу ростом и при этом строгие вегетарианцы, причем не только взрослые, но и подрастающая молодежь. Питаются улары зелеными побегами, почками и семенами трав на альпийских лугах. Зимой часто соседствуют с турами. Считается, что и тем и другим — обоюдная польза. Туры спокойно пасутся, пока улары рядом. Птицы очень осторожны и в случае опаснос-

ти загодя козлов о врагах криками оповещают, а туры им доступ к зимним кормам облегчают, раскапывая плотный снег и обнажая куртины сухих трав. С осени до ранней весны улары держатся вместе небольшими группами. В марте-апреле и до середины мая у птиц пора любви. Самцы часто кричат, образуются пары. Будущие отцы семейств ревностно охраняют покой своих подруг, коим необходимо спокойно кормиться, чтобы набрать вес после скудной зимней диеты. Насиживающая самка редко покидает гнездо с яйцами, и запасы жира, накопленные под охраной самца, ей просто необходимы.

Семейная жизнь у самцов уларов непродолжительна. С началом насиживания яиц кавалеры покидают своих подруг и объединяются в холостяцкие ватаги. Теперь их очередь откармливаться, поправлять щедро растраченные за весеннюю пору силы. К слову, во время съемок этих птиц выяснилось, что бытующее мнение о невысоких летных способностях уларов не

более чем миф. Старые авторы, писавшие об уларах, полагали, что птицы, перелетая с хребта на хребет, способны только планировать. Отснятые фото- и видеоматериалы убедительно свидетельствуют, что птицы активно используют машущий полет для набора высоты. Наш коллега, бредящий видеосъемкой дикой природы, снял момент, когда самка улара слетает на луговину с высокой скалы, по-куриному хлопая крыльями, а вовсе не планируя. Я сам наблюдал перелет пары уларов с хребта на хребет, километров на шесть удаленный от первого. Пара летела на высоте, заведомо большей высоты соседних хребтов, и при этом птицы казались не крупнее перепелок.

Снять уларов с подхода трудно, без удачи ничего не выйдет. У птиц прекрасное зрение, они видят со своих скал любого, кто находится далеко внизу. Быстро бегая, они исчезают задолго до того, как фотоохотник подойдет к месту, где были птицы. К тому же окраска настолько хорошо их маскирует в скалах, что





Оляпка-ныряльщица в волнении бежит по стволу, а вот она уже с кормом для птенцов.

рядом будешь, но, пока шевелиться не станут, не заметишь.

На мою долю удача все-таки выпала. Без толку просидев с утра рядом со скальным массивом, на котором прежде видел токующих птиц, решил пройти вдоль гряды скальных останцов — авось что интересное увижу. Время восьмой час утра, солнце из-за хребта только в восемь покажется. Холодно, замерз в скрадке, полулежа на крутом склоне, никак согреться не могу. На склоне — прошлогод-

няя трава со снегом пополам, скользкая; рюкзак с тяжелым аппаратом за спиной идти мешает, того гляди вниз покатишься. Тут поневоле на ходу согреешься.

Подходя к очередному останцу, услышал крики птиц, пролетевших выше и завернувших за скалы, к которым я и шел. Рядом сели, недалеко, крик самца явственно слышен. Спешно пристроив рюкзак между камней на крутом склоне, с фотоаппаратом «налегке» спешно поднимаюсь на скалы —

там где-то неподалеку птицы желанные. Сердце колотится, руки дрожат, удача рядом, не спугнуть бы. Наконец поднялся, выглядываю из-за гребня, а вот и пара, идут по травянистому склону чуть ниже. Самка, как и положено ей, кормится, что-то в кочках сухой травы ищет, головы не поднимает, да и что беспокоиться, если рядом супруг ее покой охраняет.

Странные птицы улары, издали осторожны невероятно, а здесь в ста метрах из-за скалы



Горная трясогузка (слева) и корольковый вьюрок, птицы, как и оляпка, в заповеднике не пуганные, спокойно дали себя фотографировать.





Накипные лишайники — яркое украшение пейзажа.

выглядываю, длиннофокусная оптика в руках (правда, камуфлированная), аппарат щелкает в режиме серийной съемки — ноль внимания. Начал снимать. В полутени птицы были, а тут и солнышко до них добралось. И надо же, карточка памяти кончилась. Запасную в спешке в рюкзаке оставил, растяпа. Сполз за камень, трясущимися руками убрал несколько десятков предыдущих снимков, из тех, что до уларов сняты были, не столь ценные. Еще на пару минут съемки карточка хватило и снова снимать не на что. Спустился на пузе вниз со скал и к рюкзаку бегом. Поменял карту памяти, снова на свое место в скалах залег, а улары уже на противоположную скальную стенку поднимаются, быстро и ловко, не уследить: где крыльями себе помогают, где лапы сильные выручают. Насмотрелся на птиц, на снимал. Такое только раз бывает. А один из нашей троицы — Михаил Родионов — снял видеофильм и записал голоса кавказских уларов. До Миши это не удалось никому.

С погодой нам везло. За неделю, что в горах прожили, только однажды весь день туман в го-

рах был. А так — днем солнце, к вечеру снежная крупа, ночью луна и звезды. Жили мы на высоте 2600 м, а улары и прочие высокогорные виды ближе к трем тысячам обитают. Значит, нужно в три часа утра встать в промозглой лачуге (а из теплого спальника страсть как вылезать не хочется), собраться быстро — и в горы с рюкзаком. До пяти часов успеть надо на место, высоко в скалах, у самых хребтов, устроиться, пока птицы еще не активны. В начале шестого улары голос подают.словно кто-то на флейте хрустальные звуки извлекает. Слышно песню улара километра за полтора-два. Ни с чем ее не спутаешь, если хоть раз услышишь.

С уларами нам повезло, такого количества птиц я нигде не видел, ни в Северной Осетии, ни в Кабардино-Балкарии. Да и неудивительно, ведь за неделю пребывания в горах ни единого выстрела не слышали. Для высокогорных птиц заповедник — благо великое.

Семь дней в горах прожили. Хлопотно, неудобно, а уходить из приютившей нас лачуги грустно, печаль на сердце осталась от разлуки с неповторимой кра-

сотою Кавказских гор — суровых, но от этого не менее прекрасных. И долго еще будем мы вспоминать флейтовые переливы песен уларов. А ведь могло ничего этого и не быть. По приезде в заповедник так сложилось, что не хотели нас к уларам допустить. Спасибо энтомологу заповедника Оле Морозовой, заместителю директора по науке Джамалу Кемаловичу Текееву и начальнику охраны Алексею Николаевичу Боку, стараниями которых все благополучно для нас завершилось.

Быстро время в горах бежит, словно речка горная по камням событий скачет. Пребывание наше в высокогорном раю закончилось. У всех дела: кому на работу, кому к семейным заботам пора. Конечно, устали от неудобства жизни в горах, одичали малость, а расставаться с Тебердой поднебесной грустно. Манят горы человека, тяжело от красоты первозданной отрываться.

Спуск вниз тоже не сахар. Рюкзаки ненамного легче стали, только что еду с собой не несем. Но вниз — не вверх, знакомой теперь дорогой вместо пяти часов за два с половиной сбежали. По пути, там, где речка полноводней стала, повезло нам с оляпкой и горной трясогузкой. Спокойные птицы оказались, без беготни сняли их, по сути — на отдыхе. Интересная птица оляпка: короткохвостый черно-коричневый комочек перьев с белой грудкой, крепкие лапки. По камням горной речки скачет — и вдруг бульк, в самую стремнину нырнула. И нет птицы, только секунд через пять-десять из воды на камень вылетит. Она не просто ныряет. Цепкими коготочками за дно цепляясь, ходит под водой, личинок насекомых ищет.

Не забудутся горы, останутся навсегда в памяти. Будет чем с читателями поделиться. Да и не в том ли смысл работы фотографа-анималиста, чтобы радоваться истинной красоте и делиться ею с ближними? ■

# ПРИРОДА

популярный  
естественно-исторический журнал

Подъ редакціей

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

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

ПРИРОДА

ЛССКЪ

1913

## Экспедиция капитана Скотта

В журнале «Природа» (январь 1913 г., Геогр. изв.) сообщалось о гибели известного антарктического путешественника Р. Скотта с двумя товарищами. В настоящее время оставшиеся в живых спутники Скотта возвратились, и судьба экспедиции выяснилась окончательно. Сообщаем некоторые данные об экспедиции и о ее руководителе.

Скотт состоял на службе в английском флоте. Сорока лет с небольшим он был уже капитаном парохода, и казалось, что его ожидает самая блестящая будущность. Это был не только смелый путешественник, но также и ученый.

Его экспедиция на корабле «Дискавери» в 1902 г. была одной из самых успешных в смысле обилия наблюдений. Погибший теперь вместе с ним Вильсон сделал в свое время блестящий доклад по этому поводу. Во время этой экспедиции Скотту удалось не только достигнуть  $82^{\circ}71'$  ю. ш. — широты, которой до тех пор не достигал еще никто, но сделать также целый ряд географических открытий: Скотт нас познакомил с тем, что представляет со-

бой Великий Барьер, изъездил обширную ледяную равнину, которая простирается до гор Земли Виктории, открыл Землю Эдуарда VII и указал лучший путь к полюсу. Нисколько не уменьшая славы Амундсена, который первый достиг Южного полюса, можно сказать, что его попытка удалась в значительной степени благодаря предварительным открытиям Скотта.

Скотт вновь покинул Англию в 1910 г. У него было намерение достигнуть полюса и вместе с тем продолжить свое изучение антарктических стран. В начале января 1911 г. он прибыл к берегам Антарктиды на судне «Терра-Нова», которое вернулось обратно в Новую Зеландию, оставив экспедицию на борьбу с поставленной себе задачей, с тем чтобы явиться за экспедицией на следующий год.

На обратном пути «Терра-Нова» прошла сначала вдоль Великого Барьера к открытой Скоттом в его первое путешествие Земле Короля Эдуарда, встретила по дороге в Китовой бухте экспедицию Амундсена и, так как берега Земли Короля Эдуарда оказались для



Капитан Р. Скотт.



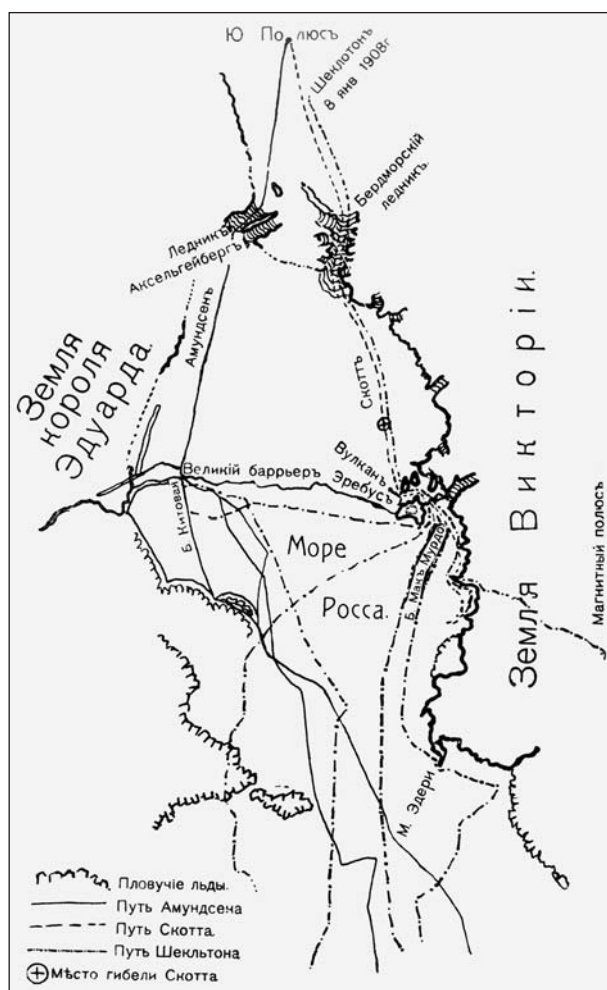


Схема путешествия экспедиции капитана Скотта.

высадки чересчур круты, вновь направилась к Земле Виктории, к ее самому северному концу, мысу Эдери. Здесь высадились еще 6 человек под начальством лейтенанта Кэмпбелла с целью исследовать прилегающую часть материка.

Капитан Скотт расположился лагерем на Земле Виктории в 500 км к западу от зимней стоянки Амундсена, на берегах бухты Мак-Мурдо, где он останавливался 10 лет тому назад. Отсюда он предполагал направиться к Южному полюсу. У него было с собой 15 человек и превосходное снаряжение: 30 собак, 15 пони и автомобильные сани.

Устроивши свой зимний лагерь, Скотт предпринял подготовительную экспедицию на юг для устройства складов провианта; 25-го января он выступил с 11 спутниками, восемью лошадьми и двумя упряжками собак. Условия путешествия были очень тяжелы (рыхлый снег и метели); экспедиция возвратилась только 5 марта, потеряв почти всех лошадей и часть собак. По прошествии зимы, чрезвычайно холодной и суровой (температура падала до

—50°С, редко поднималась выше —40°С), 2 ноября, что по времени года соответствует в нашем полушарии 2-му мая, капитан Скотт во главе 8 человек направился к югу. В 5 недель путешественники без затруднения прошли обширную ледяную равнину Великого Барьера длиной в 550 км, лежащую впереди огромного плоскогорья Антарктиды, посредине которого находится полюс. Затем началось восхождение на грозные Антарктические Альпы, по Бердморскому леднику (по которому поднимался и Шеклтон в 1908—9 гг.).

По неровной ледяной поверхности, изобилующей предательскими трещинами, подъем был крайне труден; но ценою огромных усилий путешественники достигли желаемого движения вперед. Только 3-го января 1912 г., т.е. спустя 2 месяца и один день по выходе из зимней стоянки, Скотт находился в 270 км от полюса (тогда как Амундсен достиг цели уже месяц тому назад). При таких условиях, чтобы хватило припасов на дальнейший путь, глава экспедиции решил отправить обратно трех из своих спутников, а самому продолжать путешествие в сопровождении только четырех человек. Отправленному назад отряду удалось соединиться с остальными, бывшими на зимних квартирах, как раз в то время, когда «Терра-Нова», судно, прибывшее из Новой Зеландии для снабжения экспедиции провиантом, стояло еще на рейде, это и был источник, давший в апреле 1912 г. последние сведения о Скотте.

Расставшись с тремя товарищами, Скотт продолжал намеченный путь, и 18 января 1912 г. он имел счастье в свою очередь достичь полюса.

Когда цель была достигнута, путешественники поспешили в обратный путь. От полюса до зимней остановки было не меньше как 1350 км — 1350 км по неровной ледяной поверхности и по снежным равнинам. К тому же лето подходило к концу. 18 января в Южном полушарии соответствует 18 июля в нашей широте; а вблизи полюса спустя 15 дней обыкновенно наступает зима с жестокими холодами...

Видя, что в условленный срок капитан Скотт не возвращается, отряд, остававшийся на зимней квартире, тотчас отправился на поиски. Несмотря на в высшей степени неблагоприятную погоду, отряд прошел почти на 230 км к югу и устроил новый склад провианта (тот самый, до которого немного не дошел Р. Скотт), прождал там до 10 марта и вернулся ни с чем. Такая же неудача постигла и вторую попытку вспомогательной экскурсии. Дальнейшие попытки пришлось отложить до весны (октября—ноября) 1912 г.

Между тем в декабре 1911 г. «Терра-Нова» вернулась из Новой Зеландии и прежде всего зашла на мыс Эдери за Кэмпбеллем и его товарищами. Оказалось, что этому отряду удалось сделать мало: берег был так крут, а погода так неблагоприятна, что сколько-нибудь отдаленных экскурсий

делать не пришлось. Чтобы лето не пропало даром, Кэмпбелль просил высадить его где-нибудь в другом месте Земли Виктории, чтобы попытаться проникнуть внутрь страны и подобрать геологические коллекции, оставленные еще в 1908 г. профессором Давидом, участником экспедиции Шеклтона; на обратном пути «Терра-Нова» должна была зайти за путешественниками и захватить их с собой. Вышло, однако, иначе. Скотта на зимней стоянке не оказалось — он еще не вернулся, а возвратилась к заливу Мак-Мурдо только та часть экспедиции, которую он отослал назад перед последним походом к полюсу; пришлось возвращаться обратно, и так как время было уже позднее (март 1912 г.), берега Земли Виктории были окружены льдами и за Кэмпбеллем зайти не пришлось.

Прошла вторая зима. С наступлением весны врач экспедиции д-р Аткинсон с десятью людьми отправился на поиски Скотта. Отряд разбился на две партии: одна под начальством Аткинсона, другая — М.Врайта (Wright). 30 октября 1912 г. обе партии направились к югу, захватив с собой провианта на три месяца. 12-го ноября отряд Врайта увидел палатку, в ней нашли трупы капитана Скотта, Вильсона и лейтенанта Боверса. Из оставленных ими документов можно было получить следующие сведения.

Первым умер старший боцман Эдгар Эванс; скончался он 17 февраля у подножия Бэрдморского глетчера. Падение на лед, вызвавшее сотрясение мозга, ускорило его смерть. 17 февраля на ходу у него соскочила лыжа, и он остановился, чтобы укрепить ее. Спутники Эванса подвигались вперед. Не видя его, они остановились; затем, обеспокоенные его отсутствием, они вернулись обратно и нашли Эванса без чувств. Его уложили на сани и повезли с собой. Через два часа по прибытии в палатку он умер.

Второй жертвой стал Оатс. У него были отморожены руки и ноги, но он геройски переносил боль. Однажды он почувствовал, что в тягость своим товарищам и что, замедляя движение, рискует их жизнью; тогда он решил умереть и ушел, чтобы добровольно похоронить себя в снегах. Вот что пишет о нем капитан Скотт: «Каждый вечер он ложился с надеждой больше не встать, но на утро просыпался снова. Однажды, когда метель бушевала на дворе, Оатс сказал нам: «Я выйду, и мое отсутствие будет, может быть, продолжительным». Он ушел и больше не возвращался. Мы

знали, что он идет искать смерти и попробовали его отговорить; но мы знали также, что он поступает как честный человек и как настоящий английский джентльмен». После его смерти капитан Скотт, доктор Вильсон и лейтенант Боверс продолжали свой путь к северу, когда погода им это позволяла. 21 марта они были вынуждены остановиться и расположиться на  $79^{\circ}40'$  южной широты и  $169^{\circ}23'$  восточной долготы. Таким образом, они

находились только в 20 км к югу от ближайшего склада провианта. Они не могли достигнуть его благодаря буре, которая, судя по документам, длилась девять дней. В продолжение этого времени у них иссякла вся провизия и топливо, и они погибли от холода и голода. Около трупов найдено было лишь немного чаю: это было все, что осталось у них. Труп Скотта нашли в сидячем положении, прислоненным спиной к мачте, поддерживающей палатку; под головой у него находился дневник. Вильсон и Боверс умерли в своих спальных мешках.

В своем дневнике Скотт старается доказать, что постигшие их несчастья произошли от непрерывных неудач, но никак не

от плохой организации. Сначала по пути к полюсу их задержала на 83-й параллели снежная буря; дальше рыхлый снег мешал передвижению.

«Тем не менее [приводим подлинные слова Скотта из его дневника] мы бы возвратились к глетчеру, при отличных условиях, если бы не удивившая нас болезнь человека, которого мы считали самым стойким из нас, — Эдгара Эванса. Все время на обратном пути у нас не было ни одного дня хорошей погоды. Это и болезнь нашего товарища сильно увеличили трудности пути. Выше я говорил также, что поверхность льда оказалась неровною. Эдгар Эванс страдал от сотрясения мозга и умер естественной смертью. Но все перечисленные факты ничто в сравнении с тем, что нас ожидало у Барьера. Я повторяю, что наш план был составлен совершенно правильно, и никто в мире не мог ожидать, что встретит здесь в это время года такую изменчивую и неровную поверхность. Между  $86^{\circ}$  и  $85^{\circ}$  широты, около Барьера, мороз был в  $20-30^{\circ}$  по Фаренгейту. На  $82^{\circ}$  широты, на высоте 3000 метров над уровнем моря, температура была  $-30^{\circ}$  днем и  $-47^{\circ}$  ночью; к тому же во время всего пути непрерывный ветер дул нам навстречу. Безусловно, причиной нашего несчастья было внезапное наступление плохой погоды. Я не думаю, чтобы когда-либо человек мог вынести столько, сколько вытерпели мы. И все-



Э.Шеклтон.



таки, несмотря на плохую погоду, мы бы дошли, если бы не заболел Оатс, если бы, по совершенно необъяснимому для меня обстоятельству, в наших складах не отсутствовало топливо и, наконец, если бы буря не остановила нас в 11 милях от депо, где мы должны были найти необходимый для нас провиант. И все-таки эти факты могли бы не быть роковыми для нас. Мы находились в 11 милях от нашего старого депо, когда топлива оставалось, чтобы приготовить одно горячее блюдо, и пищи еще на 2 дня...

Страшный шторм уже 4 дня не позволяет нам покинуть палатку. Мы ослабели, и я едва пишу. Что касается меня, я не жалею об этом путешествии: оно показало, сколько лишений может вынести англичанин, если его поддерживают товарищи по несчастью, и как он может смело идти навстречу смерти так же спокойно, как и его предки. Мы рисковали и знали, на что мы идем. Обстоятельства сложились против нас. У нас нет основания жаловаться, и мы преклоняемся перед Провидением, но решились, однако, бороться до конца. Если же нам суждено отдать свою жизнь для чести родины, то я обращаюсь к своим соотечественникам с призывом обеспечить будущее людей, которые зависят от нас. Если бы мы остались живы, я мог бы описать страдания, терпение и храбрость моих сотоварищей в рассказе, который взволновал бы сердце каждого англичанина...

Эти отрывочные заметки и наши трупы рассказывают это за меня. Право, такая великая и богатая нация, как наша, должна позаботиться обеспечить тех, кого мы поддерживаем. Р.Скотт».

Аткинсон похоронил Скотта и двух его товарищей. Он оставил тела лежать так, как они лежали, засыпал палатку сверху массой снега и над этим могильным холмом водрузил крест с краткой надписью. Поиски тела Оатса оказались тщетными. Затем экспедиция возвратилась в лагерь.



Р.Амундсен.

Тем временем Кэмпбелль с товарищами, напрасно прождав «Терра-Новы», были вынуждены проводить вторую зиму в Антарктиде. Пришлось строить «игло», дом из льда, и запастись провиантом на зиму — бить тюленей и пингвинов. Хотя дичи было уже немного, зиму все-таки провели недурно и с наступлением первых весенних дней (30 сентября) двинулись на юг, к главной квартире в заливе Мак-Мурдо. Дорогой приходилось очень трудно, так как лед был плох и местами встречалась открытая вода, да и провизии было немного. На счастье, по дороге нашли склад провианта, очень облегчивший положение. Тем не менее отряд Кэмпбелля благополучно добрался до лагеря, принес с собою и разысканную коллекцию профессора Давида.

Оставшиеся на месте члены экспедиции также не теряли времени даром: геолог Тайлор сделал ряд экскурсий на Землю Виктории, снял значительную часть ее на карту и собрал большие коллекции; другой геолог, Пристлей, — поднялся на действующий вулкан Эребус (только с другой стороны, чем профессор Давид).

Пришедшая «Терра-Нова» забрала членов экспедиции вместе с собранными коллекциями и, оставив в разных местах склады провианта и топлива для будущих экспедиций, отплыла в Новую Зеландию.

Так закончилась эта героическая страница в истории открытия южно-полярных стран: Англия действительно имеет право гордиться своими сынами, которые мужественно шли навстречу смерти из чисто идейных побуждений.

Выше помещены портреты трех наиболее выдающихся деятелей в этой части Антарктиды, — Р.Скотта, Р.Амундсена и Э.Шеклтона, и на приложенной карте можно видеть и маршруты их путешествий.

# Редакционное послесловие

Публикация с описанием трагической гибели экспедиции Роберта Скотта появилась в «Природе» спустя год после события и, видимо, была одной из первых в России. Не известен ни автор русского текста, ни переводчик. За прошедшие с тех пор почти 100 лет в причинах гибели экспедиции Роберта Скотта и успешно опередившего его норвежца Руала Амундсена пытались разобраться многие. В 1978 г. к этой теме в нашем журнале (№10. С.80—98) прикоснулись авторитетные полярники — В.С.Корякин и З.М.Каневский (1932—1996). Далее мы знакомим наших читателей с их размышлениями, позволив себе цитировать и излагать их близко к тексту.

\* \* \*

Норвежская экспедиция Р.Амундсена, — как пишет Корякин, — достигла Южного полюса 15 декабря 1911 г., Р.Скотт добрался до полюса 17 января 1912 г. и обнаружил там норвежский флаг. Между делом заметим, что знаменитый полярник О.Свердруп рассказывал впоследствии русским морякам, что Амундсен был исключен из членов Полярного клуба в Христиании и получил выговор от короля за то, что на палатке, оставленной на полюсе, сделал надпись «Добро пожаловать».

Долгое время удачу Амундсена объясняли тем, что он выбрал более легкий маршрут. Гибель отряда Скотта — тяжелым моральным состоянием его участников, уже на пути к полюсу убедившихся в том, что их в этой гонке обошли норвежцы. Кроме того, их ожидали неудачные маршруты и суровые климатические условия, которые превосходили ожидаемые трудности. Подробный сравнительный анализ событий дает основание

считать, что причиной гибели отряда Скотта послужили прежде всего выбор транспортных средств (он взял с собой мотоцикли, лошадей и собак), а также ошибочные решения, принятые в ходе экспедиции.

Полюсный план Амундсена отличался четкой целенаправленностью, сравнительной простотой исполнения, учетом разнообразных обстоятельств и, главное, сосредоточением сил и средств на основном направлении. В отличие от плана Амундсена, план Скотта неоднократно менялся и переделывался.

Амундсен как будто оказался в более благоприятных условиях: общая протяженность маршрута меньше, большая часть пути проходила по шельфовому леднику (наиболее легкому участку), меньшая — в неблагоприятных условиях (по леднику и ледниковому щиту). Но на леднике Акселя Хейберга Амундсен столкнулся с огромными труднопроходимыми трещинами.

Путь англичан проходил по-иному. 16 декабря Скотт отметил в дневнике: «Нам пока не встречались такие опасные трещины, каких я ожидал. Правда, в верховьях ледника Бирдмор 21 декабря Аткинсон и Эванс упали в трещину». Последние трещины на этом маршруте были отмечены 27 декабря, но в предшествующие дни затруднения возникали из-за глубокого снега.

Амундсена также ожидали природные трудности, с которыми не встретился Скотт: лавины на леднике Акселя Хейберга и трещины на шельфовом леднике Росса.

Погодные условия, в которых проходили полюсные маршруты, сравнивать намного трудней — прежде всего из-за несовпадения в сроках. Существует мнение, что Скотт столкнулся с непредвиденно низким

падением температур в конце своего маршрута. Амундсену удалось избежать тех сезонных явлений, которые оказались одной из причин гибели отряда Скотта.

В целом же различия природных условий были не столь велики. Имеет смысл обратиться к сравнению маршрутов.

О научном значении обеих экспедиций писалось немало, при этом за бортом оказывалось главное, а именно, что ими были заложены основы наших представлений о природе Антарктиды в ее наименее доступной, центральной, части. Британская антарктическая экспедиция 1911—1913 гг. получила значительно больше результатов по всем разделам своей научной программы по сравнению с экспедицией Амундсена. Наблюдения английских геологов в экспедициях Скотта и Шеклтона дополняются более ранними наблюдениями Амундсена. Работы Ч.Райта и Р.Пристли из экспедиции Скотта внесли огромный вклад в изучение Антарктиды, но и самому Амундсену удалось обнаружить специфическое, сугубо антарктическое, природное явление — убывание осадков по мере удаления от берега, что имеет принципиальное значение для современных расчетов бюджета массы льда антарктического ледникового покрова.

Как пишет Каневский, Роберт Скотт в «Послании к обществу» по пунктам разбирал возможные причины катастрофы. Задержка со стартом, вызванная потерей конного транспорта за полгода до выхода в путь полюсной партии (и, соответственно, невозможность взять с собой весь запланированный груз). Жестокая непогода, приведшая к продолжительным задержкам еще по дороге к полюсу. Крайне тяже-



лая трасса, рыхлый снег, резко сбивавший скорость движения. А потом, после достижения Южного полюса, какое-то совершенно дьявольское совпадение самых губительных обстоятельств: неожиданная смерть самого крепкого из всех, Эдгара Эванса; целый месяц страшных сорокаградусных морозов с ветром, бившим в лицо; острая нехватка керосина, находившегося в промежуточных складах (как выяснилось много позже, он испарялся сквозь кожаные прокладки канистр); благородное самоубийство потерявшего силы Лоуренса Отса; страшная снежная буря, преградившая им путь к складу с продуктами...

Впоследствии к этому грустному перечню прибавились другие, также звучащие вполне убедительно. Было признано, что англичане явно просчитались, взяв в поход лошадей, а не испытанных полярных лаек. Подверглись критике моторные сани. Появились данные о цинге, которой страдали участники похода из-за отсутствия в их рационе витамина С. Называли ошибкой то, что в последний момент Скотт решил взять в полюсную группу пятого, тогда как поначалу поход рассчитывался лишь на четверых.

История гибели пятерых англичан получила всемирный

резонанс. О той роли, какую, возможно, сыграло внезапное желание норвежца идти к Южному полюсу, заговорили сразу после того, как пришли вести о трагедии в Антарктиде. Не будь ее — вряд ли кто-либо решился всерьез упрекать Амундсена в «нечестной игре». Полюс достигнут? Все, слава Богу, целы? Ну и прекрасно! Но случилась беда, и многие не только в Англии, но и в самой Норвегии задумались над тем, как оценить в этой связи поступок Амундсена. «Недопустимо», «недостойно», «непорядочно» — такие слова зазвучали в адрес норвежского путешественника. Однако на его защиту встал Фриц-Генрих Нансен.

Подытоживая, Руал Амундсен утверждал: «Скотт и его спутники погибли при возвращении с полюса вовсе не вследствие огорчения, вызванного тем, что мы опередили их, а потому, что неминуемо должны были погибнуть от голода из-за недостаточного снабжения пищевыми припасами. Разница между обеими экспедициями состояла как раз в преимуществе собак над средствами передвижения другой экспедиции». Запомним слово «огорчение».

А вот что занес в дневник Роберт Скотт 16—17 января 1912 г. — в те дни, когда он оказался на Южном полюсе: «Нор-

вежцы нас опередили и первыми достигли полюса. Ужасное разочарование, и мне больно за моих верных товарищей... Конеч всем нашим мечтам; печальное будет возвращение... Никто из нас вследствие полученного удара не мог заснуть. Великий Боже! Что это за ужасное место, и каково для нас сознание, что мы за все наши труды даже не вознаграждены ожидаемым торжеством!.. Мы знатно попирали в честь полюса, несмотря на свое огорчение... А затем побегим домой; отчаянная будет борьба. Спрашивается, удастся ли?»

Об Амундсене написаны книги, человечество торжественно отмечает его юбилей, он обесмертил свое имя задолго до собственной героической гибели в 1928 г., когда отправился на самолете «Латам» спасать погибающую экспедицию Нобиле. Но простил ли он сам себе то, что произошло в Антарктиде в 1912 г.?

Если бы простил — не написал бы, имея в виду капитана Роберта Фолкона Скотта, недавнего соперника по Южному полюсу: «Я пожертвовал бы славой, решительно всем, чтобы вернуть его к жизни. Мой триумф омрачен мыслью о его трагедии, она преследует меня».

© Подготовила  
М.Ю.Зубрева

# Новости науки

## Астрономия. Планетология

### В оболочке углеродной звезды обнаружена горячая вода

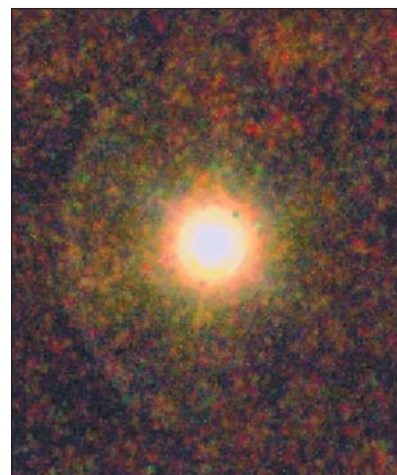
Экстремально красные углеродные звезды впервые были обнаружены в 60-х годах XIX в. У.Хаггинсом (W.Huggins) и А.Сеччи (A.Secchi). Отличительная особенность их спектров — преобладание полос углеродных соединений и отсутствие полос оксидов, поскольку в атмосферах этих звезд углерода больше, чем кислорода. В подобных ситуациях кислород в основном связан в молекулах CO, а атомы углерода доступны для образования других соединений. В звездах, атмосферы которых содержат больше кислорода, чем углерода, наблюдается обратная картина: углеродсодержащих молекул, помимо CO, в них мало.

Углеродная звезда CW Льва (IRC+10216) стала исключением

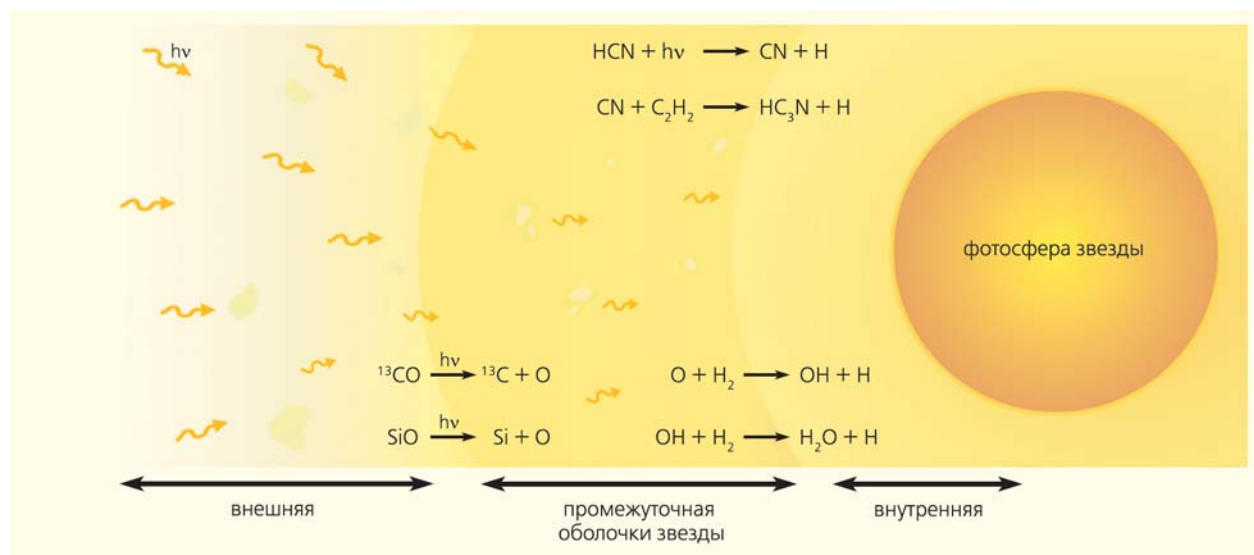
из этого правила: в ее оболочке с помощью космического субмиллиметрового телескопа «Herschel» обнаружен горячий водяной пар с температурой до 1000 К.

Красный гигант CW Льва, расположенный на расстоянии 500 св. лет от нас, имеет массу порядка солнечной, но он гораздо старше и гораздо больше Солнца. Его окружает плотная пылевая оболочка; за пределами Солнечной системы это самый яркий источник излучения на длинах волн в несколько микрометров. Радионаблюдения показали, что оболочка богата разнообразными сложными соединениями: в ней уже найдено более 70 молекул — фактически около половины из числа наблюдавшихся в космосе.

В 2001 г. с использованием субмиллиметрового спутника SWAS в оболочке звезды IRC+10216 был обнаружен водяной пар, имеющий температуру около 60 К. Это означало, что молекулы воды нахо-



Инфракрасное изображение звезды CW Льва (IRC +10216), окруженной оболочкой горячего водяного пара. Дуга, видимая слева, представляет собой ударную волну, где звездный ветер сталкивается с межзвездной средой. Синий цвет соответствует излучению на длине волны 160 мкм, зеленый — на длине волны 250 мкм, красный — на длине волны 350 мкм.



Химические реакции, вызванные ультрафиолетовым излучением, которое взаимодействует с молекулами в оболочке звезды CW Льва (IRC +10216).



дятся во внешних холодных областях газовой оболочки. Было высказано предположение, что пар возникает в результате испарения ледяных тел, например комет или малых планет, вращающихся вокруг звезды.

Однако теперь выяснилось, что молекулы воды присутствуют и в областях, расположенных гораздо ближе к звезде. В ноябре 2009 г. группа ученых во главе с Л.Дечин (L.Decin; Католический университет Левена, Бельгия), используя спектрометры SPIRE и PACS телескопа «Herschel», провела наблюдения звезды в диапазоне длин волн 55–670 мкм. Благодаря высочайшей чувствительности и спектральному разрешению этого телескопа авторам работы удалось отождествить более 60 линий воды, в том числе линии высокого возбуждения. Это означает, что газ, в котором образуются такие линии, имеет температуру порядка 1000 К. Иначе говоря, горячий водяной пар находится во внутренних областях звездной оболочки.

Авторы считают, что наблюдаемые линии — результат проникновения во внутренние области оболочки ультрафиолетового излучения (вероятно, из межзвездного пространства). Чтобы эта гипотеза работала, требуется допустить большую неоднородность оболочки, ее клочковатость, что позволило бы ультрафиолетовому излучению попасть во внутренние слои (однородная плотная оболочка его не пропустит). Ультрафиолетовое излучение проникает сквозь неоднородную атмосферу, и под его воздействием молекулы CO и SiO диссоциируют, освобождая атомы кислорода для формирования паров воды H<sub>2</sub>O. Водяной пар с температурой около 1000 К может образовываться только вблизи звезды, на расстоянии менее пяти радиусов от нее. На большем удалении таких температур быть не может: уже на расстояниях в 100 радиусов звезды температура падает до 100 К, а в разреженной внешней оболочке, на расстояниях до 20 тыс. радиусов звезды, температура составляет 10 К.

Новые данные телескопа «Herschel» позволяют по-новому взглянуть на химические процессы в оболочках старых звезд, а также подчеркивают важность фотохимических реакций, индуцированных ультрафиолетовым излучением. Аналогичным процессом можно, например, объяснить обратную ситуацию, а именно наличие богатых углеродом молекул, наблюдаемых в звездах асимптотической ветви гигантов с оболочками, в которых доминирует кислород.

Nature. 2010. V.467. P.35–36, 64–67 (Великобритания).

## Физика

### Плазмороны в графене

Электронная структура графена описывается линейным законом дисперсии при отсутствии запрещенной зоны: валентная зона и зона проводимости касаются друг друга в дираковской точке  $E_D$ . Но такая простая картина справедлива только для свободных электронов, т.е. если пренебречь многочастичными эффектами. Фотоэлектронная спектроскопия с угловым разрешением, проведенная многонациональным коллективом ученых, показала<sup>1</sup>, что в легированном ( $n \sim 10^{13} \text{ см}^{-2}$ ) графене взаимодействие электронов с плазмонами (коллективными колебаниями плотности заряда) приводит к существенному изменению топологии энергетических зон вблизи  $E_D$ . Это связано с формированием композитных квазичастиц — плазморонов (дырка + плазмон), давно предсказанных теоретиками, но в графене пока не наблюдавшихся. Плазмороновые зоны, как и зарядовые, пересекаются друг с другом в одной точке, а с зарядовыми — по окружности.

Наилучшее соответствие расчетов экспериментальным данным достигается при величине константы эффективного кулоновского отталкивания электронов  $\alpha_G = e^2/\hbar v_F \epsilon \approx 0.5$ . Легирование не изменяет закон дисперсии

<sup>1</sup> Bostwick A. et al. // Science. 2010. V.328. P.999–1002.

плазморонов, но приводит к их затуханию из-за рассеяния на примесных ионах. Взаимодействие плазмонов с неравновесными носителями заряда в графене может быть использовано для конструирования новых приборов, таких как терагерцовые усилители и плазмонные лазеры.

<http://perst.issp.ras.ru>  
(2010. Т.17. Вып.11/12).

## Биохимия

### Новый механизм репарации ДНК

Группа американских биохимиков под руководством Б.Эйхмана (B. Eichman, Университет им. Вандербилта) открыла новый механизм репарации ДНК, который исправляет повреждения, вызванные алкилирующими агентами. Алкилирование — один из частых видов повреждения ДНК, препятствующих ее репликации и нарушающих функционирование генов. При этом искаженную форму молекул ДНК обнаруживают ферменты-репаразы. Наиболее распространенный способ репарации — вырезание поврежденных азотистых оснований ДНК-гликозилазами — ферментами, которые перемещаются вдоль нити ДНК, высвобождая алкилированные основания. Обнаружив их, ферменты разрывают водородную связь между спаренными основаниями, вытаскивая деформированное изнутри двойной спирали наружу. У фермента есть «карман» особой формы, в котором алкилированное основание удерживается, пока не оторвется от сахара-фосфатного скелета без нарушения целостности последнего. В молекуле ДНК остается пропуск — позиция, в которой отсутствует азотистое основание. Затем с помощью другого набора ферментов этот пропуск заполняется основанием, комплементарным оставшемуся неспаренному.

Однако изучать механизм действия человеческой гликозилазы сложно, так как этот фермент может распознавать много разных типов повреждений, вызываемых

алкилированием. Поэтому исследователи обратились к более простой — бактериальной — модели с целью выяснить детали процессов распознавания и исправления повреждений ДНК. И здесь их ожидал сюрприз: они нашли новую гликозилазу, названную ими AlkD, которая отличается иным способом выявления и устранения повреждений. В отличие от всех ранее известных гликозилаз, AlkD вытаскивает наружу как алкилированное основание, так и спаренное с ним, но не вырезает его, а просто оставляет в том же положении. Похоже, данный фермент действует только на такие основания, которые в результате алкилирования приобрели избыточный положительный заряд. Это делает деформированные основания крайне неустойчивыми — если их оставить в покое, они отщепляются от скелета молекулы спонтанно. Однако AlkD ускоряет процесс примерно в 100 раз. Возможно также, что AlkD остается на месте и притягивает другие ферменты репарационного комплекса.

Гликозилаза AlkD по строению молекул существенно отличается от других известных ферментов, связывающихся с ДНК; возможно, она похожа на ДНК-зависимые киназы. Это очень крупные молекулы с небольшим активным центром, который играет определенную роль в регуляции клеточных реакций на повреждение ДНК. Для связывания с ДНК гликозилаза AlkD использует палочковидные спиральные структуры, называемые HEAT-повторы. Подобные структуры были найдены у некоторых ДНК-зависимых киназ, однако функции их неизвестны; возможно, они играют некую дополнительную, пока неизученную роль в репарации ДНК.

Новый механизм репарации может прояснить способы, которыми репаразы обнаруживают и исправляют токсические повреждения, а также позволит понять, чем такие повреждения отличаются от мутагенных. Это важно, поскольку не обнаруженные репаразом мутагенные повреждения копируются дочерними

клетками и могут распространяться в клеточных популяциях, тогда как вредные последствия токсических повреждений ограничены клеткой, в которой возникли.

Понимание таких различий может привести к созданию более эффективных противоопухолевых препаратов — мощных алкилирующих агентов, предназначенных для повреждения ДНК больного. Поскольку раковые клетки делятся быстрее нормальных, алкилирующие вещества поражают их в первую очередь. Однако все известные цитостатики не только убивают клетки, но и вызывают мутагенные повреждения, что создает дополнительные осложнения при химиотерапии. К тому же эффективность химиотерапии низка, поскольку работает против защитных механизмов репарации ДНК. Если бы удалось создать химический препарат, вызывающий преимущественно токсические, а не мутагенные повреждения ДНК, он был бы более эффективным и обладал бы менее выраженными побочными эффектами. С другой стороны, если бы мы понимали, как гликозилазы распознают повреждения, связанные с алкилированием, можно было бы разработать препарат, специфически подавляющий репарацию токсических, но не мутагенных повреждений. Это тоже повысило бы эффективность цитостатиков без усиления их нежелательных мутагенных эффектов.

Nature advance online publication  
3 October 2010 | doi:10.1038/nature09428;  
Received 20 November 2009; Accepted  
17 August 2010; Published online  
3 October 2010

## Зоология

### Партеногенез приводит к карликовости

Теоретически партеногенез обладает важными преимуществами по сравнению с обычным половым размножением, но вновь образованные партеногенетические клоны редко выживают. Успех или неудача этих клонов зависит от механизмов их возникнове-

ния, поскольку они определяют исходный генный состав и разнообразие. В соответствии с большинством ранее описанных механизмов предполагалось, что бесполое размножение — это случайным образом «замороженные» выборки из популяций с половым размножением.

В работе зоологов под руководством К.-П.Стелцера (C.-P.Stelzer; Институт лимнологии, Австрия) установлено, что переход к облигатному партеногенезу у коловраток *Brachionus calyciflorus* — мелких пресноводных беспозвоночных, обычно размножающихся посредством циклического партеногенеза, — связан с простой менделирующей мутацией. Анализ родословных показывает, что облигатно партеногенетические особи гомозиготны по рецессивному аллелю, который определяет неспособность отвечать на химические сигналы, в норме индуцирующие половое размножение у данного вида. Другие возможные механизмы, вроде изменения плоидности, исключаются цитометрическими измерениями и анализом генетических маркеров. Любопытно, что особи из облигатно партеногенетических популяций были к тому же карликовыми — примерно вдвое мельче, чем особи из циклически партеногенетических. Это указывает на множественные эффекты данной мутации или на ее сцепление с генами, которые сильно влияют на размер тела. Не обнаружено каких-либо неблагоприятных побочных эффектов, снижающих выживаемость или плодовитость.

Рассматриваемый механизм означает, что гены, вызывающие облигатный партеногенез, могут возникать в популяциях с полным половым размножением и оставаться незамеченными в гетерозиготном состоянии до тех пор, пока их частота не возрастет настолько, чтобы действительно привести к девственному размножению гомозиготных особей.

Sexual Reproduction and Dwarfing in a Small Metazoan. PLoS ONE 5(9): e12854. doi:10.1371/journal.pone.0012854



## Гербарии и климат

Скудость надежных исторических сведений о фенологии, т.е. о зависящих от сезона изменениях в растительном мире (скажем, сроках распускания листьев у разных видов деревьев или цветения тех или иных растений), затрудняет понимание экологами возможных реакций растительных сообществ на климатические сдвиги. Однако в новом исследовании группы британских экологов под руководством К.Роббирт (K.Robbirt; Университет Восточной Англии) показано, что даже на гербарных экземплярах 150-летней давности проявляются те же закономерности, что и у современных цветковых растений: чем теплее весна, тем раньше они зацветали.

Исследователи изучили 77 образцов ранней весенней орхидеи *Opheys sphegodes*, которые были собраны между 1848 и 1958 гг. и хранились в коллекциях гербариев Королевских ботанических садов в Кью и Музея естественной истории в Лондоне. Поскольку на этикетке каждого образца указывалось, как и положено, где и когда он был собран, авторы смогли выяснить по записям Метеорологического бюро, как средние температуры весны сказывались на времени цветения этой орхидеи.

Затем они сравнили эти данные с записями полевых наблюдений во время пика цветения той же орхидеи в Национальном заповеднике Касл Хилл (Восточный Сассекс) в период с 1975 по 2006 г. Обнаружилось, что влияние температуры на сроки цветения было одинаковым как для растений из гербарных коллекций, так и для живых орхидей. *O.sphgodes* расцветала на шесть дней раньше, если средняя температура весны повышалась на 1°C.

Эти результаты — первое прямое доказательство того, что гербарные коллекции (более 2 млрд образцов) можно использовать для изучения динамики климата по данным фенологии. Некоторые

из образцов, хранящихся в собраниях музеев, датируются временами Линнея, который 250 лет назад предложил современную систему номенклатуры животных и растений. Не исключено, что принципы этого исследования будут возможно распространить также на музейные коллекции насекомых и других животных.

Journal of Ecology. 2010, 21 September (Великобритания); DOI: 10.1111/j.1365-2745.2010.01727.x

## Экология

### Гетеротрофные бактерии городских родников

Как известно, родники — важный источник питьевых вод для населения многих регионов мира, поэтому требования к их качеству весьма велики. Если грунтовые воды, из которых питаются родники, расположены в черте крупного города, они неизбежно подвергаются антропогенному воздействию, степень которого зависит как от глубины залегания грунтовых вод, так и от количества попавших в них загрязняющих веществ, а последние влияют не только на химический состав вод, но и на обитающее в них микробное население.

Экологи В.В.Ильинский, Т.И.Комарова и Н.А.Шадрин (Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова) изучали динамику численности гетеротрофных бактериоценозов в трех родниках, расположенных в черте Москвы, на территории заповедника «Крылатские Холмы». Заметим, что оценка качества московских грунтовых вод велась с начала прошлого века, однако прежние работы касались лишь их химического состава. В 1995—1996 гг. комплексные исследования их качества проводили МГП «Мосводоканал» и Мосводоканал-НИИпроект; в настоящее время на контроле Госсанэпидслужбы города находится 36 городских родников, однако в их составе определяют только численность санитарно-показательных микроорганизмов, оставляя вне поля зрения ди-

намику естественного компонента родниковых вод — сообщества гетеротрофных бактерий.

Загрязнение грунтовых вод на территории Москвы связано главным образом с чрезвычайно большим объемом жидких коммунальных отходов, а также газообразных продуктов, поступающих от автотранспорта, промышленных предприятий, ТЭЦ и пр. В этих отходах присутствуют хлориды, сульфаты, органические вещества, азотистые соединения, тяжелые металлы и другие компоненты-загрязнители. Не меньшую опасность представляют разливы нефти и нефтепродуктов, которые могут просачиваться в грунтовые воды.

Названные авторы проводили исследования в трех точках микрорайона Крылатское. Это каптированные (заключенные в трубы) родники: Рудненской Божьей Матери, или Святой источник (далее — родник 1), Каменная Клетва (родник 2) и Маленький (родник 3). Они находятся в нескольких десятках метров друг от друга на территории глубокого оврага. Горные породы в районе залегания грунтовых вод состоят из трещиноватых известняков, юрских глин, песков нижнего мела. Родники различаются по количеству воды, вытекающей в единицу времени: дебит первого составляет 2.5 л/с, а второго и третьего — по 0.3 л/с. Наиболее популярен у населения Святой источник.

Пробы воды для учета общей численности бактерий отбирались в течение 18 мес; количество бактерий отдельных физиологических групп определяли методом предельных разведений; посевы инкубировали при комнатной температуре 1.5 мес; температура воды в родниках замерялась в течение всего срока микробиологических наблюдений начиная с марта 2002 г. (в роднике 1 она сохранялась практически постоянной на уровне 7°C.

Химические анализы воды показали, что Святой источник существенно отличается от Каменной Клетвы и Маленького по содержанию нитратов и фосфатов: в нем

концентрация фосфатов очень низкая (0.050—0.062 мг/дм<sup>3</sup>), а в двух других на порядок выше (0.391—0.404 и 0.330—0.336 мг/дм<sup>3</sup> соответственно). Содержание нитратов, напротив, несколько выше в первом (22.56—41.30 мг/дм<sup>3</sup>), тогда как во втором и третьем — 23.20 и 33.60 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. Ионов аммония ни в одном из родников не обнаружено. Наличие в воде легкоокисляемых органических веществ невысоко. Ионы серебра обнаружены только в воде родников 2 и 3, и то в крайне малых концентрациях. Показатели общей численности бактерий во всех трех родниках оказались близки: так, в роднике 1 они колебались от  $5.4 \cdot 10^6$  до  $15.8 \cdot 10^7$  клеток на 1 л. Заметной сезонной изменчивости в показателях не выявлено. Наиболее высокие значения были отмечены с ноября 2001 г. по март 2002 г., после чего общая численность бактерий во всех трех родниках стабилизировалась и составляла  $(5-10) \cdot 10^6$  кл/л.

Из числа бактерий, способных к росту на питательных средах, наиболее многочисленна группа эвтотрофных микроорганизмов. Максимальное их количество было обнаружено в роднике 3 (в большинстве проб насчитывалось от нескольких сотен тысяч до нескольких миллионов клеток в одном литре), а минимальное — в воде родника 1 (здесь такие бактерии были обнаружены всего лишь в двух пробах при численности в десяток тысяч клеток на литр). Существенно ниже, чем эвтотрофных, оказалось содержание факультативно олиготрофных бактерий: за период наблюдений колебания составили от восьми до  $4.5 \cdot 10^5$  кл/л. Причина, по мнению авторов, может заключаться в том, что многие из этих бактерий плохо растут на питательных средах, поэтому для учета требуются весьма сложные методы культивирования (известно, что если микроорганизм испытывает стрессовое напряжение в месте своего обитания, его численность при посеве на питательные среды может оказаться заниженной).

Для развития микроорганизмов важное значение имеет содержание в воде биогенных веществ. Существенные различия были обнаружены по фосфатам: в роднике 1 их почти на порядок меньше (0.050—0.062 мг/л), чем в двух других (0.330—0.404 мг/л); именно низкие концентрации фосфатов могли лимитировать развитие гетеротрофных микроорганизмов. По содержанию второго важнейшего элемента — азота (в природных водах он обычно присутствует в виде нитратной, реже — аммиачной формы) — все родники оказались близки между собой. За период наблюдений концентрация нитратов в воде родников оставалась стабильно высокой. Авторы отмечают тенденцию к увеличению этого показателя, что, скорее всего, происходит за счет роста антропогенного воздействия.

Итак, долговременное изучение трех родников заповедника «Крылатские Холмы» показало, что численность в них гетеротрофных бактерий находится на уровне, обычном для родниковых вод. По обследованным микробиологическим параметрам качество воды в роднике 1 выше, чем в двух других.

Водные ресурсы. 2010. Т.37. №4. С.494—501 (Россия).

## Геология

### Метан и газогидраты на сахалинском склоне Охотского моря

На сахалинском восточном склоне и шельфе Охотского моря к 2009 г. было обнаружено около 500 выходов пузырей метана из донных отложений, приуроченных в основном к зонам разломов или оперяющим их трещинам. Концентрации метана в местах этих выходов достигают 20 000—200 000 нл/л, что превышает фоновые показатели в 1000—10 000 раз. В районе очагов газовой разгрузки выявлены площади, где верхние горизонты донных осадков содержат слои и прослойки газогидратов.

Н.Л.Пестрикова и А.И.Обжиров (Тихоокеанский океанологический институт им.В.И.Ильичева ДВО РАН) рассмотрели масштаб поступления метана в толщу воды и в атмосферу, а также сопряженность потоков пузырей метана с формированием и разрушением полей газогидратов. К настоящему времени, отмечают авторы, не существует абсолютно непроницаемых покрывок для газа в толще осадочных пород.

На сахалинском шельфе в зонах открытых месторождений нефти и газа концентрации метана в придонной воде составляют 2000—3000 нл/л. Однако отмечены и аномальные поля метана. Наибольшая аномалия (10 900 нл/л) зафиксирована в районе Лунского месторождения. Она расположена над центральной частью структуры, которая представляет собой крупную брахиантклиналиную складку размером 25×8 км, разбитую на тектонические блоки целой серией субширотных сбросов. Происхождение этого аномального поля обусловлено тем, что залегающая на глубине 1700 м продуктивная толща — преимущественно газовая залежь — оказалась сильно нарушенной.

Комплексные исследования водной толщи и донных осадков позволили установить характер распределения аномальных полей метана также в районах местонахождения гидратоносных структур на сахалинском северо-восточном склоне и в близкорасположенных к ним областях Охотского моря. Формирование таких полей связано с потоками метана из донных отложений вследствие миграции газа через зоны разломов, которые в периоды сейсмотектонической активизации недр раскрываются, инициируя нарушение стабильности газовых гидратов, находящихся в осадочной толще. Источником метана помимо гидратного газа служит и свободный газ, который накапливается под непроницаемыми газогидратными отложениями, а также газ, образующийся в результате микробной деятельности в приповерхностных горизонтах дна.



На восточном склоне и шельфе Сахалина концентрация метана внутри и около газифицирующихся из донных отложений струй, приуроченных к зонам разломов, составляет в среднем 10 000—20 000 нл/л. Авторы подчеркивают, что концентрации метана резко возрастают, когда его источником в осадочных отложениях служат газогидраты.

Судя по экспедиционным данным, общей закономерности подчиняется и распределение метана в водной толще северо-западной части Охотского моря, в пределах гидратоносных структур, характеризующихся мощными выходами газа из донных отложений.

Авторы делают выводы, что формирующиеся в водной толще Охотского моря поля метана оказывают воздействие на окружающую среду, в том числе на поставку метана в атмосферу; в районах очагов газовой разгрузки насыщение донных отложений метаном влияет на развитие донных биосообществ (некоторых представителей моллюсков, крабов, рыб).

Подводные исследования и робототехника. 2010. №1(9). С.65—71 (Россия).

## Палеогляциология

### Следы древнего оледенения на острове Новая Сибирь

До сих пор остается дискуссионным вопрос о четвертичном оледенении и природной среде Новосибирских о-вов, что объясняется слабой изученностью этого региона Российской Арктики. Во время полевых работ экспедиции «Высокоширотная Арктика: природа и человек» (2001—2003) ее участниками обнаружены достоверные свидетельства покровного оледенения на островах Новая Сибирь и Фаддеевский. Выходы ледяных льдов канарчакской свиты (реликта древнего оледенения) при их вертикальной мощности в 20—30 м на протяжении от нескольких сотен метров до 3—10 км были зафиксированы в естественных береговых обнажениях, имевших высоту до 35—45 м.

В последнее время сотрудники Арктического и Антарктического научно-исследовательского института (Е.Ю.Павлова, М.А.Анисимов, М.В.Дорожкина) и Института истории материальной культуры РАН (В.В.Питулько) изучили материалы, полученные в ходе геолого-геоморфологических исследований на севере о.Новая Сибирь, в районе мыса Плоского. Выяснилось, что выходы ледяных льдов существуют не только в береговых обрывах, но и во внутренней части острова — в обнажении Вершина, которое находится в 8 км к юго-западу от мыса. Общая протяженность этого естественного обнажения примерно 150 м. В основании разреза на глубинах 16.5—35 м залегает толща, сформированная сложнодислоцированными прибрежно-морскими осадками, ледяными льдами и моренными отложениями. На слоистых прибрежно-морских осадках видны следы гляциотектонических складчато-чешуйчатых деформаций, которые отражают движение льда.

Пластовый лед перекрыт морской мощностью около 6—8 м. Поверх морены на протяжении 70 м на высотах 35—36.5 м залегает торфяник, который сложен многолетнемерзлым травяно-гипновым торфом хорошей сохранности и содержит повторно-жильные льды. Для торфяника и перекрывающих его покровных суглинков получена серия радиоуглеродных датировок: возраст подошвы торфяника более 28 тыс. лет, кровли — 18 900±300 лет, а прослой торфа из пачки суглинков, находящейся в интервале высот 36.5—38 м, имеет возраст 11 900±450 лет.

На основе палинологических исследований и анализа растительных макроостатков в торфе реконструированы палеогеографические условия развития природной среды в северной части о.Новая Сибирь. Пластовые льды здесь широко распространены — их площадь составляет по меньшей мере несколько первых десятков квадратных километров. Вскрытая в обнажении Вершина толща рыхлых отложений, пред-

ставленная сложнодислоцированными прибрежно-морскими осадками, ледяным льдом и морской, содержащей отторженцы, — еще одно свидетельство древнего покровного оледенения, возраст которого оценен концом средне-неоплейстоцена.

В период между 28 000 и 18 900 лет назад на о.Новая Сибирь существовали условия, благоприятные для непрерывного накопления торфа (такие условия определяют как криогумидные). Длительное их сохранение, в том числе и в эпоху сартанского похолодания, скорее всего, связано с согревающим воздействием океана, уровень которого в конце каргинского интерстадиала был, вероятно, достаточно высок. Увлажняющее и согревающее воздействие морского бассейна локально компенсировало нарастание общей криоаридности. Судя по палеоботаническим данным, ландшафты менялись от разреженных сухих и умеренно увлажненных тундр (до 28 тыс. лет назад) к сильно обводненным тундровым фитоценозам (28—23 тыс. лет назад), а затем — к переходным тундровым сообществам (23—18 тыс. лет назад). На рубеже 18 900±300 лет назад экологические условия резко ухудшились, что было связано, по-видимому, с резким похолоданием и уменьшением влажности.

Формирование аласов (плоских понижений, образующихся в районах распространения многолетнемерзлых пород из-за протаивания и просадки грунта на десятки километров в поперечнике) началось в северной части о.Новая Сибирь 11 900 лет назад и активно протекало в голоцене. Первый цикл аласирования территорий Яно-Колымской низменности был наиболее мощным и достиг максимума около 9 тыс. лет назад. Датировка маломощного прослоя торфа в верхней части покровных суглинков на обнажении Вершина как раз и документирует начало этого процесса на о.Новая Сибирь.

Лед и снег. 2010. №2(110). С.85—92 (Россия).

# «Я все еще очарован наукой...»

К.О.Россиянов,

кандидат биологических наук

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

В Российской академии наук, как и вообще в российском научном сообществе, принято, отдавая дань памяти крупным ученым, выпускать специальные издания, включающие очерк о научной деятельности героя и воспоминания друзей и коллег. Такие сборники, снабженные библиографией трудов ученого, становятся достоверным источником информации о его творческом пути, о событиях в области науки, в которой он работал. Эти сведения ценны для истории отечественной науки и для представления о стране в мире.

Книга о Льве Львовиче Киселеве (1936—2007), подготовленная к изданию в Институте молекулярной биологии им.В.А.Энгельгардта Российской академии наук, где Лев Львович работал всю жизнь, несколько отличается от изданий такого рода. В ее основе — автобиография, написанная по заказу авторитетного международного издания (Comprehensive biochemistry. Stories of Success — Personal Recollections. XI»). Предполагалось, что статья станет частью книги, задуманной самим Киселевым как итог 70 лет жизни. Но случилось так, что статья «Half a Century Later, and Still, I'm not Disenchanted with Science» вышла в издательстве «Elsevier» более чем через полгода после ухода Льва Львовича из жизни (он скончался 12 апреля 2008 г. вследствие скоротечного онкологического заболевания).

По сути эта автобиография — последний литературный труд Киселева. Ее название —

«Я все еще очарован наукой» — как нельзя более точно отражает отношение автора к жизни. Выдающийся биохимик, известный исследованиями молекулярных механизмов процессов, которые определяют реализацию наследственной информации на клеточном уровне, организатор актуальных научных проектов в области молекулярной биологии в стране и активный член международного научного сообщества, он действительно находил в науке источник жизненного оптимизма.

В этой статье, главной в книге Киселева, не просто история жизни талантливого, яркого человека, в высшей степени увлеченного наукой. Достаточно честолюбивый, не гнушавшийся организационной работой, направленной не только на обустройство собственной научной жизни, но и на обеспечение группового интереса, Лев Львович активно участвовал в создании крупных научных проектов, реализация которых позволяла получать принципиально новое знание. Написанная им автобиография — это совершенное литературное произведение. Его первая часть — яркие воспоминания о детстве, в котором были аресты отца — гениального ученого Льва Зильбера, автора открытий в области микробиологии, вирусологии и онковирусологии, героического человека, великого верностью долгу врача в невероятных условиях лагерного и тюремного заключения 1930-х — начала 1940-х годов; судьба семьи во время войны, послевоенные годы, школа, университет и рассказ о первых годах Института радиационной



ЛЕВ ЛЬВОВИЧ КИСЕЛЕВ. НАУКА КАК ИСТОЧНИК ЖИЗНЕННОГО ОПТИМИЗМА.

М.: ИПО «У Никитских ворот», 2010. 512 с.





Лева с отцом. 1939 г.

и физико-химической биологии (ИРФХБ, с 1965 г. — Институт молекулярной биологии, ИМБ). В нем Лев Львович работал со времени окончания биофака МГУ (1959) до последнего дня, проведенного в институте нака-



В лаборатории института. 60-е годы.

нуне госпитализации в конце марта 2008 г.

Киселев писал: «Вся моя научная жизнь биохимика и молекулярного биолога связана с одним учреждением — Институтом молекулярной биологии РАН, который носит имя одного из моих учителей, классика биохимии Владимира Александровича Энгельгардта». На страницах, посвященных жизни института, науке и людям, делающим ее, есть яркие иллюстрации к истории этого замечательного научного учреждения, в мировую известность которого Киселев и его сотрудники внесли заметный вклад.

Интересен рассказ автора о научном быте и традициях институтской жизни, памятных не только сотрудникам ИМБ, но и его гостям. Здесь достаточно вспомнить знаменитые среды московской интеллигенции вечера в кафе «Спираль», которые проходили в незатейливой обстановке институтской столовой (подвальное помещение дома 34 по ул.Вавилова). Идею этих регулярных вечеров встреч в московский институт (тогда Институт физико-химической и радиационной биологии) Киселев привнес из ленинградского Института высокомолекулярных соединений, где он в начале 1960-х годов консультировался по поводу применения метода электронной микроскопии для исследования структуры тРНК. В кафе бывали литераторы, артисты московских театров, профессиональные музыканты и барды, художники и поэты. Незабываемое впечатление произвело чтение Наумом Коржавиным еще не опубликованной тогда поэмы «По ком звонит колокол». Поэт приехал в институт буквально накануне отъезда в эмиграцию...

Потом начинается научная биография — интересные молекулярным биологам увлекательные рассказы о ходе собственных исследований по актуальным направлениям экспериментальной биологии 1960—1980-х

годов и информация о реалиях жизни научного сообщества в условиях 1990-х годов, когда финансирование науки было сведено к минимуму... Наиболее подробно описаны исследования автора по реализованным в лаборатории программам, сформулированным им лично:

— вторичная структура тРНК в растворах и ее функциональная топография во взаимодействии с ферментом аминоксил-тРНК-синтетазой (стадия активации аминокислоты, основанная на «узнавании» ферментом «своей» тРНК (1962—1975);

— РНК-направляемый синтез ДНК, включая работы в рамках международного проекта «Ревертаза» (1975—1979);

— молекулярные механизмы синтеза белка на стадии терминирования трансляции, изучение структуры и функции тРНК и аминокисляющих ферментов (1970—1984);

— исследование онковирусов, конструирование библиотеки генов человека и клонирование нуклеотидных последовательностей, гомологичных вирусам лейкоза и саркомы мышей (1980-е годы);

— активное участие в российском проекте «Геном человека» (1990-е — начало 2000-х годов).

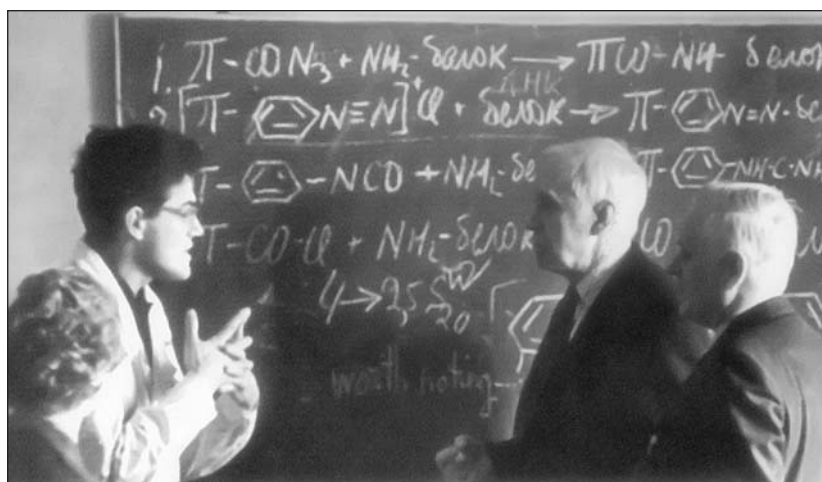
Хотя «Русская версия проекта «Геном человека»» занимает в автобиографии всего полторы страницы, на этом периоде научной жизни автора хочется остановиться подробнее. История этого крупного российского научного проекта, организованного и осуществленного в сложное для страны время распада СССР (конец 1980-х — начало 1990-х годов), известна многим только в общих чертах. Академику А.А.Баеву (1904—1994) удалось при поддержке И.Т.Фролова, философа, бывшего в те годы советником руководителя страны (первого секретаря ЦК КПСС и впоследствии первого президента СССР) М.С.Горбачева, утвердить в 1988 г. программу исследований и получить финан-

сирование, на первых порах весьма значительное. Позднее, уже после ухода из жизни Александра Александровича, научное руководство программой перешло к директору ИМБ РАН академику А.Д.Мирзабекову.

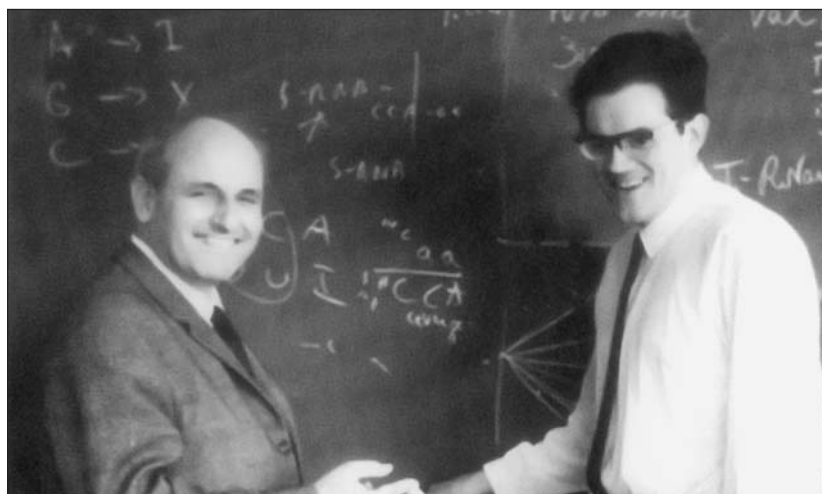
Между тем на Льва Киселева помимо собственных исследований по программе проекта легла немалая часть обязанностей по организации работ и проведении совещаний-отчетов по выполнению проекта. Эта деятельность имела большое значение как для успеха конкретных исследований, так и для выработки научной политики в области современной молекулярной биологии, для контактов с участниками международного сообщества. Лев Львович был авторитетным членом международного совета «HUGO», но круг его общения с коллегами в мировых научных центрах обширен и вне этого проекта. Достаточно просмотреть список его научных трудов (454 наименования), в которых большую часть занимают совместные публикации (чаще — с французскими учеными), и перечень авторов, приславших свои статьи в рецензируемую книгу.

В исследованиях Льва Львовича последних двух десятилетий его жизни преобладала тема молекулярной природы рака, в чем нетрудно увидеть дань памяти его отца, великого Льва Зильбера. В 2004—2005 гг. издательство «Наука» выпустило два издания книги «Лев Александрович Зильбер. Жизнь в науке» — полной биографии русского микробиолога и вирусолога, автора гипотезы вирусно-генетической природы рака и создателя школы исследователей в области вирусологии и иммунологии злокачественного роста клеток и тканей.

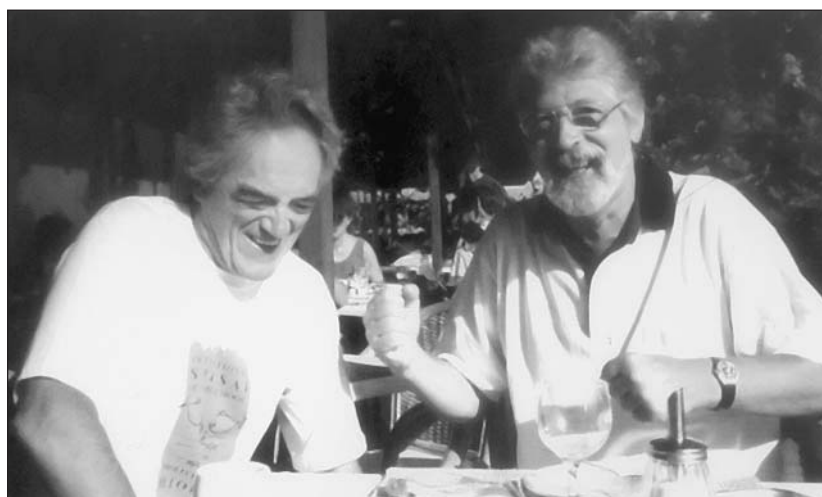
Второй большой раздел книги Киселева — публицистика: о науке и не только. В нем научно-популярные статьи и интервью, опубликованные в самых разных изданиях — Лев Львович



В Институте радиационной физико-химической биологии. Слева направо: Т.В.Векстерн, Л.Л.Киселев, В.А.Энгельгардт и А.А.Баев. 60-е годы.



С Ж.-П.Эбелем. Страсбург. 1967 г.



На летней школе по молекулярной биологии с Х.Фельдманом. Греция. 1999 г.



много сотрудничал с журналами «Природа», «Химия и жизнь», «Наука и жизнь», публиковал великолепные обзоры и аналитические статьи в академических журналах «Вестник РАН» и «Человек». Он не отказывал в интервью журналистам популярных газет, таких как «Независимая газета» и другие многотиражные издания. Язык его публикаций — это пример точности и вместе с тем образности, доступности пониманию неспециалистами сложных научных проблем и коллизий, возникающих как в ходе биохимического эксперимента, так и во взаимодействии научного сообщества с администрацией и властью...

Автор упоминает так или иначе тех, с кем сотрудничал в молодые годы и будучи уже крупной фигурой в академической иерархии. Поэтому составители включили в издание перечень подготовленных под руководством Л.Л.Киселева 52 (!) кандидатских и пяти докторских диссертаций, в написании которых он был далеко не формальным научным консультантом.

Заканчивают книгу Киселева воспоминания о выдающихся людях, с которыми ему довелось встречаться.

Во второй части сборника («Лев Киселев: ученый и личность») собрано более 50 рассказов-воспоминаний коллег,

друзей и близких ему людей, а также материалы, присланные в адрес института и семьи. Помимо авторского текста о личном сотрудничестве с европейскими коллегами (например, раздел «Французы занимаются молекулярной биологией») представлены воспоминания зарубежных ученых, много лет контактировавших с Львом Киселевым и откликнувшихся на приглашение принять участие в этом издании (см. раздел «Издаю: Россия, Франция, мир»). Книга иллюстрирована прекрасными фотографиями из архива семьи и Института и включает полную библиографию трудов Л.Л.Киселева. ■

### Этнография

СОКРОВИЩА ВОСТОКА. Сост. М.Колева. М.: Мир энциклопедий Аванта+; Астрель, 2009. 183 с. (Из сер. «Самые красивые и знаменитые».)

Книга посвящена искусству, наукам и ремеслам стран Среднего Востока и Индии. Уже в XIX—XX вв. художники Европы, впечатленные совершенством и новизной образов, создали «свой Восток». Французские романтики черпали вдохновение у Туниса, Марокко, Алжира; английские прерафаэлиты — в очаровании восточной миниатюры и иранского искусства; импрессионисты — в изяществе японской гравюры. Ныне великие творения зодчих, скульпторов, художников, мастеров художественных ремесел Востока воспринимаются как часть мировой культуры наравне с искусством Античности и Возрождения.

Шедевры восточного искусства таят в себе нечто особенное, выходящее за границы взыскательных представлений

о декоративности, колористическом и орнаментальном богатстве, безупречности исполнения. Древние поверья и легенды у разных этносов придают им сказочное, мистическое очарование.

Изделия художественных промыслов Востока вошли в современную реальность как знак иной жизни, непересекающихся культурных влияний и заимствований, как иллюзия приобщения к древнему миру — красивому, яркому и манящему — своего рода код к вечной для европейца восточной тайне.

### Гидрохимия

М.Н.Аниканова. СОЕДИНЕНИЯ СЕРЫ СТОЧНЫХ ВОД БАЙКАЛЬСКОГО ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО КОМБИНАТА (СОСТАВ, МЕТОДЫ АНАЛИЗА, МОНИТОРИНГ). М.: Научный мир, 2009. 128 с.

Книга основана на материалах гидрохимических наблюдений (1970—2007) за содержанием соединений серы в сточных водах Байкальского целлю-

лозно-бумажного комбината (БЦБК) и в воде самого озера. Рассмотрен генезис образования серусодержащих соединений и предложена принципиально новая гипотеза роли серы в сульфатной варке целлюлозы, что позволило автору усомниться в том, что органические соединения серы в сточных водах БЦБК должны быть представлены только метилсернистыми веществами.

В книге рекомендованы экстракционные приемы, чтобы отследить концентрированные соединения серы в очищенных сточных водах Байкальского комбината, и дана схема их общего, группового и компонентного анализа. Получены данные о составе этого класса веществ в очищенных сточных водах БЦБК.

Впервые для контроля загрязнения водоемов сточными водами автор внедряет в систему наблюдений новый показатель — наличие несulfатной серы и предлагает методику исследования процессов самоочищения оз.Байкал от неконсервативных химических со-

единений. На основе натурных наблюдений и лабораторного моделирования изучены особенности влияния серусодержащих соединений сточных вод на химический состав природных вод и дан прогноз возможного загрязнения и самоочищения озера в районе БЦБК.

Автор надеется, что книга найдет своего читателя среди специалистов, занимающихся охраной окружающей среды и мониторингом оз. Байкал.

### Экология

**И. Хански.** УСКОЛЬЗАЮЩИЙ МИР: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ УТРАТЫ МЕСТООБИТАНИЙ. Пер. с англ. В.И.Ланцова, С.В.Чудова. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2010. 340 с.

Эта книга была впервые издана Международным экологическим институтом в серии «Лучшие экологические исследования». В ней описываются и анализируются ситуации, возникающие при потере и фрагментации природных местообитаний в результате хозяйственной деятельности людей.

В 1999 г. профессору Хельсинского университета Илкку Хански была присуждена премия, он был признан экологом года в дисциплине «экология наземных сообществ». В своих работах он затрагивает проблемы популяционной биологии, существования сообществ и охраны природы, однако особое внимание уделяет метапопуляционной биологии. Используя как модельный вид бабочку — обыкновенную шашечницу (*Melitaea cinxia*), Хански изучал экологию, генетику, эволюционные аспекты популяций, существующих во фрагментированном ландшафте. Его основополагающие труды выполнены на насекомых, но он много работал и с мелкими

млекопитающими, особенно с землеройками-бурозубками, когда изучал проблемы, связанные с многолетней динамикой численности.

По сути дела, эта книга стала удачной попыткой использовать теорию метапопуляции для решения практических вопросов, стоящих перед лесным и сельским хозяйством.

Читатель сможет познакомиться с понятиями, которые не имеют широкого распространения в русскоязычной литературе. Часто сам перевод вызывал затруднение, поскольку аналогичных русских терминов просто не существует.

### История науки

**Шабад Л.М.** ИСТОРИЯ ОДНОЙ ЛАБОРАТОРИИ. Сост. Г.А.Белицкий. М.: Научный мир, 2008. 309 с.

Академик Леон Манусович Шабад (1902—1982) — основоположник экспериментальной онкологии в СССР. В книге собраны очерки по истории становления и развития этой науки, опубликованные в научных и научно-популярных изданиях: «Вопросы онкологии», «Вестник РОНЦ», «Экспериментальная онкология», «Medicinos: Teorija ir Praktika», «Pathology Oncology Research». Шабад обогатил отечественную науку трудами по этиологии, патогенезу и профилактике опухолей. Глазами первооткрывателя показаны пути изучения химических канцерогенных соединений и механизмов их действия. Диапазон автора — от «дегтярного» рака до гигиенической профилактики химического канцерогенеза.

Изложены принципы организации научной школы Шабада, впервые объединившей работу патологов, физиков и химиков. Автор рассказывает о трудностях восстановления научной базы в послевоенный период и об отстаивании на-

учных принципов в годы гонений. В книгу включен очерк Шабада о незаслуженно забытом русском ученом М.А.Новинском, которому принадлежит приоритет в трансплантации опухолей, упомянуты также такие выдающиеся отечественные ученые первой половины XX в., как И.П.Павлов, Л.А.Орбели, Н.Н.Аничков, Г.В.Шор, А.И.Абрикосов, А.А.Заварзин, Г.В.Ясвоин и др.

### История науки

**В.Е.Хаин.** ДНИ МОЕЙ ЖИЗНИ (ВОСПОМИНАНИЯ ГЕОЛОГА). М.: Научный мир, 2009. 224 с.

Это автобиография геолога, прожившего долгую и счастливую жизнь в науке. Книга поделена на две части: бакинский и московский периоды. Автор этих воспоминаний родился и учился в Баку, а свою научную деятельность начал в Институте геологии АН Азербайджана. Защитив докторскую диссертацию, в течение ряда лет он заведовал отделом в этом институте. В 1954 г. был избран на должность заведующего отделом Музея землеведения МГУ, а позднее стал профессором кафедры динамической геологии. В 1966 г. был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР, а в 1987 г. — ее действительным членом. В 1970-е годы Хаин работал в Геологическом институте АН СССР, Институте литосферы АН СССР, а затем, после объединения двух последних, — в Геологическом институте Российской академии наук.

На страницах книги автор рассказывает о своей научной и педагогической деятельности, о геологических экспедициях, в которых он участвовал, о встречах с известными людьми. Он размышляет о прошлом и настоящем России, излагает свой взгляд на события, происходившие в «лихие» 90-е годы.



# Тематический указатель за 2010 год

## ФИЛОСОФИЯ И ИСТОРИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ. ОРГАНИЗАЦИЯ НАУКИ

Внеочередной съезд Русского географического общества*. <b>Зубрева М.Ю.</b>	2	82
Два Гаузе. К 100-летию со дня рождения Г.Ф.Гаузе.		
<b>Галл Я.М.</b>	12	54
Декан С.Д.Юдинцев. <b>Корсаков С.Н.</b>	3	63
Климат и цивилизация: пример Древней Греции.		
<b>Карпюк С.Г.</b>	6	30
Колыбель отечественной медицинской науки.		
К 120-летию Института экспериментальной медицины. <b>Голиков Ю.П.</b>	11	39
Крутые виражи Дмитрия Артемьева. <b>Блох Ю.И.</b>	7	70
Лазерная одиссея <sup>1</sup> . <b>Мейман Т.</b>	10	69
Лазерная одиссея Теодора Меймана.		
<b>Сапожников М.Н.</b>	5	54
Лазерная одиссея <sup>2</sup> . <b>Мейман Т.</b>	5	56
<b>ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ 2009 ГОДА</b>	1	68
По физике — Ч.Као, У.Бойл, Дж.Смит.		
<b>Дианов Е.М., Ельцов К.М.</b>	1	68
По химии — А.Йонат, В.Рамакришнан, Т.Стайтц.		
<b>Богданов А.А.</b>	1	73
По физиологии или медицине —		
Э.Блэкберн, К.Грейдер, Дж.Шостак.		
<b>Вершинин А.В.</b>	1	78
<b>ЛОВЕЦ КОСМИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ</b>		
К 100-летию со дня рождения С.Н.Вернова	6	55
Среда, в которой «обитает» Земля.		
<b>Веселовский И.С.</b>	6	56
Семейные воспоминания. <b>Вернова Е.С.,</b>		
<b>Вернов Ю.С., Мнацаканова М.Н.</b>	6	67
От Абрикосовых до Щукиных: «новые русские»		
и наука. <b>Масоликова Н.Ю., Сорокина М.Ю.</b>	9	70
Петр Петрович Лазарев. <b>Болотовский Б.М.</b>	4	71
Рихард Гольдшмидт — генетик		
и эволюционист XX века. <b>Голубовский М.Д.</b>	8	34

## МАТЕМАТИКА. ИНФОРМАТИКА

Доступно и точно о принципе диссимметрии Кюри.		
<b>Войтеховский Ю.Л.</b>	6	19
Знаком* отмечены материалы, опубликованные в разделе «Новости науки».		
<sup>1</sup> Вступительная статья и перевод М.Н.Сапожникова.		
<sup>2</sup> Перевод М.Н.Сапожникова.		

## АСТРОНОМИЯ. АСТРОФИЗИКА. КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Алькор — двойная звезда*. <b>Вибе Д.З.</b>	4	74
В оболочке углеродной звезды обнаружена горячая вода*	12	77
Взрыв на белом карлике сверхвысокой массы*.		
<b>Вибе Д.З.</b>	7	83
Выбрано место для строительства экстремально большого телескопа*	7	84
Гиперскоростная звезда вылетает из центра Галактики*. <b>Вибе Д.З.</b>	9	86
Еще один класс вспышек сверхновых?*	5	75
Загадка зодиакального света*	8	83
Звезда Corot-7 — обладательница двух супер-земель*	1	83
Звезда-монстр в недрах Тарантула*.		
<b>Сурдин В.Г.</b>	11	86
Как рождаются массивные звезды*. <b>Вибе Д.З.</b>	6	83
Карта рельефа Венеры. <b>Лазарев Е.Н.,</b>		
<b>Родионова Ж.Ф., Шевченко В.В.</b>	12	3
На пути к окончательному открытию черных дыр.		
<b>Черепашук А.М.</b>	7	3
Непредсказуемые орбиты. <b>Шевченко И.И.</b>	4	12
Новая космическая линейка*. <b>Вибе Д.З.</b>	5	76
Новый спектрограф Европейской южной обсерватории*	1	84
Планетные системы ближайших звезд.		
<b>Ксанфомалити Л.В., Зеленый Л.М.,</b>		
<b>Захаров А.В., Кораблев О.И.</b>	8	3
	9	3
Проект «Резонанс» — исследование внутренней магнитосферы Земли*	8	82
Сатурн: атмосфера, ионосфера, магнитосфера.		
<b>Вибе Д.З.</b>	11	81
Телескоп Pan-STARRS полностью введен в строй*	10	82
Углеродная атмосфера у нейтронной звезды в Кассиопее А*	3	81

## ПЛАНЕТОЛОГИЯ. МЕТЕОРИТИКА. ФИЗИКА И ХИМИЯ АТМОСФЕРЫ. КОСМОХИМИЯ

Астероидная атака на Юпитер*	9	87
В оболочке углеродной звезды обнаружена горячая вода*	12	77
Луна сжимается?* <b>Вибе Д.З.</b>	11	88

Обнаружено самое большое кольцо Сатурна\*.

**Ашимбаева Н.Т.** 2 77

Углеродные нанотрубки на защите водных ресурсов\* 9 88

Уран в нанотрубке. **Кривовичев С.В.** 5 11

## ФИЗИКА. ТЕХНИКА. ЭНЕРГЕТИКА

Energy harvesting: энергия, собранная по крохам\* 2 78

В Дубне синтезирован элемент №117!\* **Попеко А.Г.** 6 81

Визуализация структур сквозь непрозрачные слои\* 10 82

Графен — теплопроводчик\* 10 82

Квантовые состояния как посредники в магнитном взаимодействии. **Шикин А.М., Радер О.** 5 18

**ЛОВЕЦ КОСМИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ**

К 100-летию со дня рождения С.Н.Вернова 6 55

Среда, в которой «обитает» Земля.

**Веселовский И.С.** 6 56

Семейные воспоминания. **Вернова Е.С.,**

**Вернов Ю.С., Мнацаканова М.Н.** 6 67

Магнитные поверхности\* 5 76

Манипуляция магнитными вихрями  
в сверхпроводнике\* 4 75

Мицеллы — самоорганизующиеся структуры.

**Шибяев А.В., Карабельская О.А.** 2 9

Муары на службе микроскопии\* 8 84

Нановзгляд на рост кристаллов\* 2 79

Нарушение временного неравенства Белла  
теперь доказано экспериментально\* 11 88

Обойдемся без резонатора\* 1 84

От бета-сил к универсальному взаимодействию.

**Герштейн С.С.** 1 3

Плазмороны в графене\* 12 78

Расширение магнитных нанокристаллов  
при охлаждении\* 1 85

Ридберговские молекулы\* 6 84

Сила трения в наномасштабе\* 7 84

Спираль продлевает жизнь? Спинам — да\* 8 83

Стекла для иммобилизации ядерных отходов.

**Ожован М.И., Полуэктов П.П.** 3 3

Тайны солнечного ветра. **Веселовский И.С.** 10 15

Токсичны ли для человека углеродные  
нанотрубки?\* 2 79

Углеродные нанотрубки в аккумуляторах\* 9 87

Экзотические ядра. **Пенионжkevич Ю.Э.** 11 3

## ХИМИЯ

Воскресить ушедшие эпохи. **Леменовский Д.А.,**  
**Шемаханская М.С., Брусова Г.П.** 1 15

Гибкие углеродные трубки большого диаметра\* 4 75

Искусственный фотосинтез —  
путь к «чистой» энергии. **Еремин В.В.** 4 22

Мицеллы — самоорганизующиеся структуры.

**Шибяев А.В., Карабельская О.А.** 2 9

Молекулы под нагрузкой. **Болдырева Е.В.** 6 3

Нитрит и нитрат — новый взгляд  
на малые молекулы. **Макаров С.В.** 7 34

Новая технология массового производства  
графена\* 5 77

Новый материал на основе графена\* 3 82

О пользе хрена для нанотехнологий\* 3 82

Платиновые нанокатализаторы\* 5 77

## БИОЛОГИЯ. ПОЧВОВЕДЕНИЕ

N<sub>2</sub>O — веселящий газ: есть ли повод для веселья?

**Степанов А.Л.** 2 35

Амфибии-рекордсмены\* 7 85

Вокализация животных — почему птицы  
поют дуэтом? **Брагина Е.В., Беме И.Р.** 6 13

Вымирание медоносных пчел\* 4 76

Городские почвы. **Смагин А.В.** 7 15

Докучаевская школа.

Автобиографические рассказы Б.Б.Полынова<sup>1</sup> 8 64

Древние нарушения в почвах. **Плеханова Л.Н.** 3 37

Эволюция и мораль. **Марков А.В.** 9 21

Эволюция ящериц на острове Маврикий\* 8 85

## БОТАНИКА. ЗООЛОГИЯ. МИКРОБИОЛОГИЯ

Ареалы северных птиц. **Кречмар А.В.** 9 56

Большая и малая панды: к чему приводит  
пищевое пристрастие. **Кузнецов А.Н.,**

**Мащенко Е.Н.** 10 47

Зеленые лягушки: жизнь без правил или особый  
способ эволюции? **Шабанов Д.А., Литвинчук С.Н.** 3 29

Как жабы заселили мир\* 5 77

Комодский дракон ядовит\*. **Семенов Д.В.** 4 76

Крокодилы тоже болеют гриппом?\* **Семенов Д.В.** 1 86

Микробиота человека и косметология. **Суворов А.Н.** 8 22

Новый препарат для лечения малярии\* 5 78

Партеногенез приводит к карликовости\* 12 79

Первые находки клена в ископаемых  
флорах Приморья\*. **Сафарова С.А.** 11 90

Переворощения Лернейской Гидры.

**Иванова-Казас О.М.** 4 58

Планктомицеты: загадочные красавцы  
из мира бактерий. **Дедыш С.Н., Куличевская И.С.** 5 27

Под защитой сильного соседа. **Кречмар А.В.** 1 29

Редкий случай поимки меч-рыбы  
в Балтийском море\* 1 87

## ГЕНЕТИКА. МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ. БИОХИМИЯ. БИОФИЗИКА. БИОТЕХНОЛОГИЯ

Зеленые лягушки: жизнь без правил или особый  
способ эволюции? **Шабанов Д.А., Литвинчук С.Н.** 3 29

Испытание наночастиц серебра\* 8 85

История одного метода. **Четверин А.Б.,**  
**Четверина Е.В.** 2 41

Как увидеть «нано»? **Соколова О.С.** 9 38

Квантовые точки в биологии и медицине.

**Олейников В.А.** 3 22

Компьютерные игры в молекулярную биофизику  
биологических мембран. **Чугунов А.О.,**

**Ефремов Р.Г.** 12 36

Митохондриальный геном гоминина  
из Южной Сибири\*. **Медникова М.Б.** 6 86

<sup>1</sup> Вступительная статья М.А.Глазовской, стенограмма  
В.Стрельникова.



Митохондрии: жизнь в клетке и ее последствия. <b>Мазунин И.О., Володько Н.В.</b>	10	3	Загрязнена ли Волга?* <b>Немировская И.А.</b>	1	85
Молекулярный мотор мышц. <b>Воротников А.В., Кубасова Н.А., Цатурян А.К.</b>	4	29	Нефтяное загрязнение болот Западной Сибири. <b>Аветов Н.А., Шишконокова Е.А.</b>	11	14
На пути к новым кардиопрепаратам*	4	77	«Полезные знакомства» с азотфиксаторами*. <b>Мухина В.С.</b>	2	80
Новый механизм репарации ДНК*	12	78	Пруды Москвы ради горожан и... для лягушек. <b>Семенов Д.В.</b>	12	27
О пользе хрена для нанотехнологий*	3	82	Птица невидимка. <b>Булавинцев В.И.</b>	4	49
Повторы в геномах бактерий и в жизни. <b>Смирнов Г.Б.</b>	4	3	Теберда поднебесная. <b>Булавинцев В.И.</b>	12	66
Приключения флуоресцентных молекул в биологических мембранах. <b>Болдырев И.А., Молотковский Ю.Г.</b>	7	38	<b>ГЕОЛОГИЯ. ГЕОТЕКТОНИКА</b>		
Протеасомы в опухолевых клетках*	8	86	Бореальный климат в мезозое. <b>Захаров В.А.</b>	4	37
Равенство полов по X-хромосоме. <b>Павлова С.В., Шевченко А.И., Закиян С.М.</b>	1	22	Возраст кратера Чиксулуб: новые данные*	6	86
Регуляция активности «генов цветения»*	9	89	Выходы газов на Байкале*	3	83
Репрограммирование клеток: прыжок вверх по лестнице, ведущей вниз. <b>Киселев С.Л., ШUTOVA М.В.</b>	5	3	Газогидраты Беринговоморского региона*	2	81
Рихард Гольдшмидт — генетик и эволюционист XX века. <b>Голубовский М.Д.</b>	8	34	Горные реки равнин и горы с равнинными реками. <b>Михайлов В.М.</b>	5	46
Сероводород: от канализаций Парижа к сигнальной молекуле. <b>Ситдикова Г.Ф., Зефиров А.Л.</b>	9	29	Каменноугольная система и ее «золотые гвозди». <b>Алексеев А.С., Горева Н.В., Кулагина Е.И., Пучков В.Н.</b>	7	42
<b>ФИЗИОЛОГИЯ. ПСИХОЛОГИЯ. МЕДИЦИНА. ДЕМОГРАФИЯ. СОЦИОЛОГИЯ</b>			Крымский флиш. <b>Комаров В.Н.</b>	3	60
Вирус уничтожает раковые клетки*	8	87	Ленточные глины на северо-востоке Алтая — признак погребенных россыпей золота*	5	78
Колчан и стрелы — проканцерогенная роль маммарного жира. <b>Берштейн Л.М.</b>	12	13	Метан и газогидраты на сахалинском склоне Охотского моря*	12	81
Крокодилы тоже болеют гриппом?* <b>Семенов Д.В.</b>	1	86	Метановые газгидраты. <b>Тарасов Л.В.</b>	8	45
На пути к новым кардиопрепаратам*	4	77	Недооцененный источник урана. <b>Белов С.В., Фролов А.А.</b>	11	25
Наночастицы повышают эффективность иммунотерапии опухолей*	11	89	Освоение железомарганцевых руд океанского дна*	5	78
«Свиной» грипп: страсти и факты. <b>Гендон Ю.З.</b>	2	3	Пепловое облако исландского вулкана. <b>Батурин Г.Н., Зайцева Л.В.</b>	10	64
Сероводород: от канализаций Парижа к сигнальной молекуле. <b>Ситдикова Г.Ф., Зефиров А.Л.</b>	9	29	Позднемеловой климат Сибири: геологические данные и компьютерные модели. <b>Герман А.Б.</b>	9	14
Токсичны ли для человека углеродные нанотрубки?*	2	79	Последствия нефтяных катастроф глазами седиментолога. <b>Беленицкая Г.А.</b>	2	25
<b>ЭКОЛОГИЯ. ОХРАНА ПРИРОДЫ. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ</b>			Тогда погибли не только динозавры*. <b>Бараш М.С.</b>	6	84
N <sub>2</sub> O — веселящий газ: есть ли повод для веселья? <b>Степанов А.Л.</b>	2	35	Углеводородный потенциал отложений Южного Сахалина*	4	78
Большая и малая панды: к чему приводит пищевое пристрастие. <b>Кузнецов А.Н., Машенко Е.Н.</b>	10	47	<b>ГЕОХИМИЯ. МИНЕРАЛОГИЯ. КРИСТАЛЛОХИМИЯ</b>		
Большая поганка. <b>Булавинцев В.И.</b>	3	57	Биогеохимический цикл метана в океане. <b>Ленин А.Ю., Иванов М.В.</b>	3	12
Бюрократический экоцид, или Ликвидация леопарда. <b>Яснецкий Г.Н.</b>	6	52	Геохимия стока Северной Двины*. <b>Шевченко В.П., Покровский О.С.</b>	11	89
Гербарии и климат*	12	80	Доступно и точно о принципе диссимметрии Кюри. <b>Войтеховский Ю.Л.</b>	6	19
Гетеротрофные бактерии городских родников*	12	80	Дружба народов. <b>Расцветаева Р.К.</b>	4	51
Городские почвы. <b>Смагин А.В.</b>	7	15	Пламенеющие опалы Австралии. <b>Томилин М.Г.</b>	1	37
Дубонос, любитель фруктовых косточек. <b>Булавинцев В.И.</b>	8	62	Последствия нефтяных катастроф глазами седиментолога. <b>Беленицкая Г.А.</b>	2	25
Есть ли иммунитет у растительных сообществ? <b>Акатов В.В.</b>	2	18	Свойства нижней мантии*	3	84
			<b>СЕЙСМОЛОГИЯ. ВУЛКАНОЛОГИЯ</b>		
			Задача: прогноз землетрясений. <b>Родкин М.В.</b>	10	31
			Карпатские землетрясения 1940 года. <b>Никонов А.А.</b>	12	20

## ГЕОГРАФИЯ. КЛИМАТОЛОГИЯ. МЕТЕОРОЛОГИЯ. ГЛЯЦИОЛОГИЯ

Астролемовидные озера — загадка Московского региона. <b>Жидков М.П., Бронгулсеев В.Вад., Макаренко А.Г.</b>	8	52
В Никольском на Валдае. Как начиналось российское рыбоводство. <b>Томилин М.Г., Шевцова В.А.</b>	2	49
Глубокое бурение льда близ вершины Эльбруса*	9	89
Гномон — ключ северного лабиринта.		
<b>Паранина Г.Н., Субетто Д.А.</b>	3	44
Горные реки равнин и горы с равнинными реками.		
<b>Михайлов В.М.</b>	5	46
Дендрологические исследования якутских наледей*	10	83
Досуние размышления о климате и о погоде.		
<b>Журавлев А.Ю.</b>	10	24
К истоку реки Лены. <b>Сарана В.А.</b>	7	60
Климат и цивилизация: пример Древней Греции.		
<b>Карпюк С.Г.</b>	6	30
Национальный атлас России. <b>Залиханов М.Ч., Чилингаров А.Н.</b>	7	53
Новые находки на реке Новой. <b>Сарана В.А., Тимирева С.Н., Кононов Ю.М.</b>	11	30
	12	44
О чем говорят пещерные натёки на Майорке*	4	78
Озеро Ендовище. <b>Рыжиков А.И.</b>	1	56
Первые итоги Международного полярного года 2007—2008. <b>Котляков В.М., Саруханиян Э.И., Фролов И.Е.</b>	9	44
Питьевая вода — драгоценное полезное ископаемое. <b>Штенгелов Р.С., Филимонова Е.А., Маслов А.А.</b>	10	38
Плитвицкие карстовые озера. <b>Трофимова Е.В.</b>	3	53
Подземные льды российской Субарктики*	2	81
Природный парк «Ленские столбы». <b>Степанова В.В.</b>	6	37
Реакция вечной мерзлоты на потепление*	4	79
Редкое явление природы на Европейском Севере России*. <b>Шевченко В.П., Коробов В.Б.</b>	6	87
Снежный покров Северной Евразии*	10	83
Уровень Байкала из иллюминатора «Мир».		
<b>Тулохонов А.К.</b>	7	50

## ОКЕАНОЛОГИЯ

<i>Alvinella pompejana</i> — супертермофил и чемпион по металлам. <b>Демина Л.Л., Галкин С.В.</b>	8	14
Бенгельский апвеллинг в четвертичное время.		
<b>Дмитренко О.Б., Оськина Н.С., Лукашина Н.П.</b>	8	48
Внутриплитная эндогенная активность в океане — новые факты. <b>Лыгина Т.И.</b>	5	36
Высвобождение метана из мерзлотных толщ арктического шельфа*	5	79
Глубоководное научное бурение в океане: структура, итоги, планы. <b>Матуль А.Г.</b>	7	24
Донные животные на льду центральной Арктики.		
<b>Мельников И.А., Зезина О.Н.</b>	6	43
За кислород морской воды в Северном Ледовитом океане*	3	84
Эволюция Северной Атлантики и глобального меж океанского круговорота. <b>Лукашина Н.П.</b>	9	64

## ПАЛЕОНТОЛОГИЯ. ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ. ПАЛЕОКЛИМАТОЛОГИЯ

Бенгельский апвеллинг в четвертичное время.		
<b>Дмитренко О.Б., Оськина Н.С., Лукашина Н.П.</b>	8	48
В Европе найдены динозавры азиатского происхождения*	8	89
Вулканы и климат*	8	88
Вымирание мегафауны в Северной Америке*	2	83
Гигантские рыбы мезозойских морей*	5	80
Досуние размышления о климате и о погоде.		
<b>Журавлев А.Ю.</b>	10	24
Как быстро «бегает» деревья? <b>Лаухин С.А.</b>	4	80
Колебания уровня Аральского моря*	4	78
Мамонты из карьера Келколово*	3	85
Митохондриальный геном гоминина из Южной Сибири*. <b>Медникова М.Б.</b>	6	86
На поиски меловых палеопочв, или		
По следам игуанодона. <b>Наугольных С.В.</b>	4	43
Озеро Эльгыгитын хранит историю климата Арктики за 3,5 миллиона лет*	9	90
Первые находки клена в ископаемых флорах Приморья*. <b>Сафарова С.А.</b>	11	90
Природная среда Южной Сибири в четвертичное время*. <b>Сафарова С.А.</b>	8	87
Растительность и климат бассейна озера Байкал в межледниковья*	7	86
След человека в истории Канозера. <b>Сапелко Т.В., Колпаков Е.М.</b>	2	73
Следы древнего оледенения на острове Новая Сибирь*	12	82
Слоны в плейстоцене Сибири*	1	87
Тогда погибли не только динозавры*. <b>Бараш М.С.</b>	6	84
Фауна кембрийского типа в раннеордовикских отложениях*	7	87
Человек проникает на Север. <b>Величко А.А., Васильев С.А., Грибченко Ю.Н., Куренкова Е.И.</b>	1	44
Эволюция Северной Атлантики и глобального меж океанского круговорота. <b>Лукашина Н.П.</b>	9	64

## АРХЕОЛОГИЯ. АНТРОПОЛОГИЯ. ЭТНОГРАФИЯ

Взгляд сквозь... слюду. <b>Панова Т.Д.</b>	12	64
Гномон — ключ северного лабиринта.		
<b>Паранина Г.Н., Субетто Д.А.</b>	3	44
«Достающее звено». <b>Дробышевский С.В.</b>	6	24
Дух предков. <b>Томилин М.Г.</b>	8	93
Камень в жизни средневекового человека на Руси*.		
<b>Панова Т.Д.</b>	7	87
Население восточноевропейских степей в первом тысячелетии. <b>Балабанова М.А.</b>	8	26
Ранние люди расселялись далеко на север*	10	84
Раскопки Бейского кургана в Хакасии.		
<b>Соколова Л.А.</b>	6	48
Российская археологическая экспедиция в Гизе.		
<b>Малых С.Е.</b>	10	56
След человека в истории Канозера. <b>Сапелко Т.В., Колпаков Е.М.</b>	2	73
Условия существования Янской палеолитической стоянки*	2	84



Человек проникает на Север. **Величко А.А.,  
Васильев С.А., Грибченко Ю.Н., Куренкова Е.И.** 1 44

## АПРЕЛЬСКИЙ ФАКУЛЬТАТИВ

Дружба народов. **Расцветаева Р.К.** 4 51  
Парадоксы корнепластики. **Комаров В.Н.** 4 57  
Перевоплощения Лернейской Гидры.  
**Иванова-Казас О.М.** 4 58  
Самец размножился! 4 62

## В КОНЦЕ НОМЕРА

В тени аллей живут воспоминания. **Шатко В.Г.** 6 93  
Взгляд в прошлое<sup>1</sup>. **Семихатова Н.Б.** 5 88  
Встреча с редкой книгой. **Волкова А.В.** 9 95  
Голконда — форт сокровищ. **Жидков М.П.** 4 90  
Дух предков. **Томилин М.Г.** 8 93  
Мозг: наука и искусство<sup>2</sup>. **Жу Д.** 7 93  
Шепот диджериду. **Томилин М.Г.** 11 94

## ВЕСТИ ИЗ ЭКСПЕДИЦИЙ

Астроблемовидные озера — загадка московского региона. **Жидков М.П., Бронгулес В.Вад.,  
Макаренко А.Г.** 8 52  
К истоку реки Лены. **Сарана В.А.** 7 60  
Новые находки на реке Новой. **Сарана В.А.,  
Тимирева С.Н., Кононов Ю.М.** 11 30  
12 44  
Раскопки Бейского кургана в Хакасии.  
**Соколова Л.А.** 6 48  
Российская археологическая экспедиция в Гизе.  
**Малых С.Е.** 10 56  
След человека в истории Канозера. **Сапелко Т.В.,  
Колпаков Е.М.** 2 73

## ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ

Небесный путеводитель. **Взоров Н.Н.** 1 92  
Параллельные жизни. **Закгейм А.Ю.** 2 90  
Первая российская высокоширотная экспедиция.  
**Саватюгин Л.М., Дорожкина М.В.** 10 89  
Российские робинзоны острова Грумант.  
**Саватюгин Л.М., Дорожкина М.В.** 3 90

## НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

Бенгельский апвеллинг в четвертичное время.  
**Дмитренко О.Б., Оськина Н.С., Лукашина Н.П.** 8 48  
Взгляд сквозь... слюду. **Панова Т.Д.** 12 64  
Донные животные на льду центральной Арктики.  
**Мельников И.А., Зезина О.Н.** 6 43  
Метановые газгидраты. **Тарасов Л.В.** 8 45  
Национальный атлас России. **Залиханов М.Ч.,  
Чилингаров А.Н.** 7 53  
Пепловое облако исландского вулкана.  
**Батурин Г.Н., Зайцева Л.В.** 10 64

<sup>1</sup> Публикация и вступление М.Ю.Зубревой.

<sup>2</sup> Перевод А.Михалевич.

Сатурн: атмосфера, ионосфера, магнитосфера.  
**Вибс Д.З.** 11 81  
Уровень Байкала из иллюминатора «Миров».  
**Тулохонов А.К.** 7 50  
Эволюция Северной Атлантики и глобального  
меж океанского круговорота. **Лукашина Н.П.** 9 64

## ЗАМЕТКИ И НАБЛЮДЕНИЯ

Большая поганка. **Булавицев В.И.** 3 57  
Дубонос, любитель фруктовых косточек.  
**Булавицев В.И.** 8 62  
Крымский флиш. **Комаров В.Н.** 3 60  
Птица невидимка. **Булавицев В.И.** 4 49  
Теберда поднебесная. **Булавицев В.И.** 12 66

## НАСЛЕДИЕ

Докучаевская школа. Автобиографические  
рассказы Б.Б.Полынова<sup>3</sup> 8 64  
«И мы вместе пойдем, нас нельзя разлучить».  
**Авруцкая Т.Б.** 2 57  
Ты мой единственный самый близкий друг...  
Письма Н.И.Вавилова 11 66

## ИЗ РЕДАКЦИОННОЙ ПОЧТЫ

Бюрократический экоцид, или Ликвидация леопарда.  
**Яснецкий Г.Н.** 6 52

## НЕКРОЛОГ

12 96

## НОВЫЕ КНИГИ

1 91; 2 88; 3 88; 4 89; 5 86; 6 91; 7 92; 8 92;  
9 93; 10 88; 11 93; 12 86

## О ЧЕМ ПИСАЛА «ПРИРОДА»

Аммофила и помпил  
(Очерки сравнительной психологии).  
**Садовникова М.П.** 2 69  
Биология и общественные науки. **Вагнер В.А.** 1 62  
Вопрос об изменении климата  
в историческую эпоху. **Берг Л.С.** 9 78  
Послесловие от редакции 9 83  
Жизнь без микробов<sup>4</sup> 11 50  
Роль бактерий в кишечном канале человека  
и животных. **Циклинская П.В.** 11 53  
А воз и ныне там. **Суворов А.Н.** 11 60  
Мечников и Толстой (Встреча в Ясной Поляне).  
**Омелянский В.Л.** 8 74  
Взгляд на жизнь и труды В.Л.Омелянского.  
**Голиков Ю.П.** 8 77  
Национальная организация науки. **Кольцов Н.К.** 5 65

<sup>3</sup> Вступительная статья М.А.Глазиковой, стенограмма  
В.Стрельниковой.

<sup>4</sup> Перевод: П.Ю.Шмидт.

Новая рубрика	1	61
Очерки по геохимии. Задачи современной минералогии. <b>Ферсман А.Е.</b>	3	72
Почти сто лет спустя. <b>Боруцкий Б.Е.</b>	3	77
Памяти великого русского физика П.Н.Лебедева. <b>Лазарев П.П.</b>	4	63
Взгляды П.Н.Лебедева на организацию научных исследований. <b>Лазарев П.П.</b>	4	66
Пепельный свет Луны. <b>Тихов Г.А.</b>	7	78
«Старая Луна в объятиях молодой». <b>Сурдин В.Г.</b>	7	81
План превращения Сахары в море <sup>1</sup> . <b>Томсон Г.А.</b>	10	78
Сущность душевных болезней. <b>Ющенко А.И.</b>	6	75
Экспедиция капитана Скотта	12	71
Редакционное послесловие <sup>2</sup>	12	75

## РЕЦЕНЗИИ

Ботанический мир Поэта (на кн.: А.А.Титлянова. «Дремучее царство растений» Бориса Пастернака глазами ученого-эколога). <b>Розенберг Г.С., Саксонов С.В., Сенатор С.А.</b>	9	91
Занимательно и очень серьезно (на кн.: В.Н.Танасийчук. Невероятная зоология). <b>Хлебович В.В.</b>	1	88
Климат и ландшафты Северного полушария в последние 130 тысяч лет (на кн.: Палеоклиматы и палеоландшафты внутропического пространства Северного полушария. Поздний плейстоцен — голоцен: Атлас-монография). <b>Зубрева М.Ю.</b>	11	91

<sup>1</sup>Перевод: А.Р.

<sup>2</sup> Подготовила М.Ю.Зубрева.

«Мир зверей — самое прекрасное, что существует на Земле...» (на кн.: В.М.Смирин. Портреты зверей Командорских островов; В.М.Смирин. Портреты степных зверей Европы и Северной Азии).	4	81
<b>Гиляров А.М.</b>	4	81
Очевидное и невероятное (на кн.: А.Н.Островский. Повелители бездны).	8	90
<b>Танасийчук В.Н.</b>	8	90
Прародина металла (на кн.: Л.И.Авилова. Металл Ближнего Востока: модели производства в энеолите, раннем и среднем бронзовом веке). <b>Антонова Е.В.</b>	2	85
Путешествие в пермский период (на кн.: В.П.Ожигбесов, И.И.Терещенко, С.В.Наугольных. Пермский период: органический мир на закате палеозоя). <b>Зубрева М.Ю.</b>	3	86
Путешествие в прошлое или пролог к будущему? (на кн.: Е.И.Каликинская. Страна ББС). <b>Малахов В.В.</b>	6	88
Тоталитаризм и орнитология (на кн.: Е.Новак. Ученые в вихре времени: Воспоминания об орнитологах, защитниках природы и других натуралистах). <b>Сытин А.К.</b>	5	81
Тысячелетия на дне озер (на кн.: Д.А.Субетто. Донные отложения озер: палеолимнологические реконструкции). <b>Никонов А.А.</b>	7	89
Феноменология музейных духов (на кн.: Г.Ю.Любарский. История Зоологического музея МГУ: идеи, люди, структуры). <b>Сытин А.К.</b>	10	85
«Я все еще очарован наукой...» (на кн.: Лев Львович Киселев. Наука как источник жизненного оптимизма). <b>Россиянов К.О.</b>	12	83



# Авторский указатель за 2010 год

<b>А</b> ветов Н.А. (Шишконокова Е.А.*)	11	14	Вибс Д.З.	4	74	Закгейм А.Ю.	2	90
Авруцкая Т.Б.	2	57		5	76	Залиханов М.Ч.		
Акатов В.В.	2	18		6	83	(Чилингаров А.Н.)	7	53
Алексеев А.С. (Горева Н.В.,				7	83	Захаров А.В.		
Кулагина Е.И., Пучков В.Н.)	7	42		9	86	(Ксанфомалити Л.В.,		
Антонова Е.В.	2	85		11	81	Зеленый Л.М., Кораблев О.И.)	8	3
Ашимбаева Н.Т.	2	77		11	88		9	3
			Войтеховский Ю.Л.	6	19	Захаров В.А.	4	37
<b>Б</b> алабанова М.А.	8	26	Волкова А.В.	9	95	Зезина О.Н. (Мельников И.А.)	6	43
Бараш М.С.	6	84	Володько Н.В. (Мазунин И.О.)	10	3	Зеленый Л.М.		
Батурин Г.Н. (Зайцева Л.В.)	10	64	Воротников А.В.			(Ксанфомалити Л.В.,		
Беленицкая Г.А.	2	25	(Кубасова Н.А., Цатурян А.К.)	4	29	Захаров А.В., Кораблев О.И.)	8	3
Беме И.Р. (Брагина Е.В.)	6	13					9	3
Белов С.В. (Фролов А.А.)	11	25	<b>Г</b> алкин С.В. (Демина Л.Л.)	8	14	Зефирова А.Л. (Ситдикова Г.Ф.)	9	29
Берг Л.С.	9	78	Галл Я.М.	12	54	Зубрева М.Ю.	2	82
Берштейн Л.М.	12	13	Гендон Ю.З.	2	3		3	86
Блох Ю.И.	7	70	Герман А.Б.	9	14		11	91
Богданов А.А.	1	73	Герштейн С.С.	1	3			
Болдырев И.А.			Гиляров А.М.	4	81	<b>И</b> ванов М.В. (Леин А.Ю.)	3	12
(Молотковский Ю.Г.)	7	38	Голиков Ю.П.	8	77	Иванова-Казас О.М.	4	58
Болдырева Е.В.	6	3		11	39			
Болотовский Б.М.	4	71	Голубовский М.Д.	8	34	<b>К</b> арабельская О.А. (Шибасев А.В.)	2	9
Боруцкий Б.Е.	3	77	Горева Н.В. (Алексеев А.С.,			Карпюк С.Г.	6	30
Брагина Е.В. (Беме И.Р.)	6	13	Кулагина Е.И., Пучков В.Н.)	7	42	Киселев С.Л. (Шутова М.В.)	5	3
Бронгулеев В.Вад.			Грибченко Ю.Н. (Величко А.А.,			Колпаков Е.М. (Сапелко Т.В.)	2	73
(Жидков М.П., Макаренко А.Г.)	8	52	Васильев С.А., Куренкова Е.И.)	1	44	Кольцов Н.К.	5	65
Брусова Г.П. (Леменовский Д.А.,						Комаров В.Н.	3	60
Шемаханская М.С.)	1	15	<b>Д</b> едыш С.Н. (Куличевская И.С.)	5	27		4	57
Булавинцев В.И.	3	57	Демина Л.Л. (Галкин С.В.)	8	14	Кононов Ю.М.		
	4	49	Дианов Е.М. (Ельцов К.М.)	1	68	(Сарана В.А., Тимирева С.Н.)	11	30
	8	62	Дмитренко О.Б. (Оськина Н.С.,				12	44
	12	66	Лукашина Н.П.)	8	48	Кораблев О.И.		
<b>В</b> agner В.А.	1	62	Дорожкина М.В.			(Ксанфомалити Л.В.,		
Васильев С.А. (Величко А.А.,			(Саватюгин Л.М.)	3	90	Зеленый Л.М., Захаров А.В.)	8	3
Грибченко Ю.Н., Куренкова Е.И.)	1	44		10	89		9	3
Величко А.А. (Васильев С.А.,			Дробышевский С.В.	6	24	Коробов В.Б. (Шевченко В.П.)	6	87
Грибченко Ю.Н., Куренкова Е.И.)	1	44				Корсаков С.Н.	3	63
Вернов Ю.С. (Вернова Е.С.,			<b>Е</b> льцов К.М. (Дианов Е.М.)	1	68	Котляков В.М.		
Мнацаканова М.Н.)	6	67	Еремин В.В.	4	22	(Саруханиян Э.И., Фролов И.Е.)	9	44
Вернова Е.С. (Вернов Ю.С.,			Ефремов Р.Г. (Чугунов А.О.)	12	36	Кречмар А.В.	1	29
Мнацаканова М.Н.)	6	67					9	56
Вершинин А.В.	1	78	<b>Ж</b> идков М.П.	4	90	Кривовичев С.В.	5	11
Веселовский И.С.	6	56	Жидков М.П. (Бронгулеев В.Вад.,			Ксанфомалити Л.В.		
	10	15	Макаренко А.Г.)	8	52	(Зеленый Л.М., Захаров А.В.,		
Взоров Н.Н.	1	92	Жу Д.	7	93	Кораблев О.И.)	8	3
			Журавлев А.Ю.	10	24		9	3
						Кубасова Н.А.		
			<b>З</b> айцева Л.В. (Батурин Г.Н.)	10	64	(Воротников А.В., Цатурян А.К.)	4	29

\* Здесь и далее в скобках указаны соавторы.

Кузнецов А.Н. (Машенко Е.Н.)	10	47	Паранина Г.Н. (Субетто Д.А.)	3	44	Танасийчук В.Н.	8	90
Кулагина Е.И. (Алексеев А.С.,			Пенионжкевич Ю.Э.	11	3	Тарасов Л.В.	8	45
Горева Н.В., Пучков В.Н.)	7	42	Плеханова Л.Н.	3	37	Тимирева С.Н.		
Куличевская И.С. (Дедыш С.Н.)	5	27	Покровский О.С.			(Сарана В.А., Кононов Ю.М.)	11	30
Куренкова Е.И. (Величко А.А.,			(Шевченко В.П.)	11	89		12	44
Васильев С.А., Грибченко Ю.Н.)	1	44	Полуэктов П.П. (Ожован М.И.)	3	3	Тихов Г.А.	7	78
			Полынов Б.Б.	8	65	Томилин М.Г.	1	37
Лазарев Е.Н. (Родионова Ж.Ф.,			Попеко А.Г.	6	81		8	93
Шевченко В.В.)	12	3	Пучков В.Н. (Алексеев А.С.,				11	94
Лазарев П.П.	4	63	Горева Н.В., Кулагина Е.И.)	7	42	Томилин М.Г. (Шевцова В.А.)	2	49
	4	66				Томсон Г.А.	10	78
Лаухин С.А.	4	80	Радер О. (Шикин А.М.)	5	18	Трофимова Е.В.	3	53
Леин А.Ю. (Иванов М.В.)	3	12	Расцветаева Р.К.	4	51	Тулохонов А.К.	7	50
Леменовский Д.А.			Родионова Ж.Ф.					
(Шемаханская М.С., Бруслова Г.П.)	1	15	(Лазарев Е.Н., Шевченко В.В.)	12	3	Успенская Н.В.	1	61
Литвинчук С.Н. (Шабанов Д.А.)	3	29	Родкин М.В.	10	31			
Лукашина Н.П.	9	64	Розенберг Г.С.			Ферсман А.Е.	3	72
Лукашина Н.П.			(Саксонов С.В., Сенатор С.А.)	9	91	Филимонова Е.А.		
(Дмитренко О.Б., Оськина Н.С.)	8	48	Россиянов К.О.	12	83	(Штенгелов Р.С., Маслов А.А.)	10	38
Лыгина Т.И.	5	36	Рыжиков А.И.	1	56	Фролов А.А. (Белов С.В.)	11	25
						Фролов И.Е.		
Мазунин И.О. (Володько Н.В.)	10	3	Саватюгин Л.М.			(Котляков В.М., Саруханян Э.И.)	9	44
Макаренко А.Г. (Жидков М.П.,			(Дорожкина М.В.)	3	90			
Бронгулеев В.Вад.)	8	52		10	89	Хлебович В.В.	1	88
Макаров С.В.	7	34	Садовникова М.П.	2	69			
Малахов В.В.	6	88	Саксонов С.В.			Цатурян А.К.		
Малых С.Е.	10	56	(Розенберг Г.С., Сенатор С.А.)	9	91	(Воротников А.В., Кубасова Н.А.)	4	29
Марков А.В.	9	21	Сапелко Т.В. (Колпаков Е.М.)	2	73	Циклинская П.В.	11	53
Маслов А.А. (Штенгелов Р.С.,			Сапожников М.Н.	5	54			
Филимонова Е.А.)	10	38	Сарана В.А.	7	60	Черепашук А.М.	7	3
Масоликова Н.Ю.			Сарана В.А.			Четверин А.Б. (Четверина Е.В.)	2	41
(Сорокина М.Ю.)	9	70	(Тимирева С.Н., Кононов Ю.М.)	11	30	Четверина Е.В. (Четверин А.Б.)	2	41
Матуль А.Г.	7	24		12	44	Чилингаров А.Н.		
Машенко Е.Н. (Кузнецов А.Н.)	10	47	Саруханян Э.И.			(Залиханов М.Ч.)	7	53
Медникова М.Б.	6	86	(Котляков В.М., Фролов И.Е.)	9	44	Чугунов А.О. (Ефремов Р.Г.)	12	36
Мейман Т.	5	56	Сафарова С.А.	8	87			
	10	69		11	90	Шабанов Д.А. (Литвинчук С.Н.)	3	29
Мельников И.А. (Зезина О.Н.)	6	43	Семенов Д.В.	1	86	Шатко В.Г.	6	93
Михайлов В.М.	5	46		4	76	Шевцова В.А. (Томилин М.Г.)	2	49
Мнацаканова М.Н.				12	27	Шевченко А.И.		
(Вернова Е.С., Вернов Ю.С.)	6	67	Семихатова Н.Б.	5	88	(Павлова С.В., Закиян С.М.)	1	22
Молотковский Ю.Г.			Сенатор С.А.			Шевченко В.В.		
(Болдырев И.А.)	7	38	(Розенберг Г.С., Саксонов С.В.)	9	91	(Лазарев Е.Н., Родионова Ж.Ф.)	12	3
Мухина В.С.	2	80	Ситдикова Г.Ф.			Шевченко В.П. (Коробов В.Б.)	6	87
			(Зефилов А.Л.)	9	29	Шевченко В.П.		
Наугольных С.В.	4	43	Смагин А.В.	7	15	(Покровский О.С.)	11	89
Немировская И.А.	1	85	Смирнов Г.Б.	4	3	Шевченко И.И.	4	12
Никонов А.А.	7	89	Соколова Л.А.	6	48	Шемаханская М.С.		
	12	20	Соколова О.С.	9	38	(Леменовский Д.А., Бруслова Г.П.)	1	15
			Сорокина М.Ю.			Шибяев А.В.		
Ожован М.И. (Полуэктов П.П.)	3	3	(Масоликова Н.Ю.)	9	70	(Карабельская О.А.)	2	9
Олейников В.А.	3	22	Степанов А.Л.	2	35	Шикин А.М. (Радер О.)	5	18
Омелянский В.Л.	8	74	Степанова В.В.	6	37	Шишконова Е.А. (Аветов Н.А.)	11	14
Оськина Н.С. (Дмитренко О.Б.,			Субетто Д.А. (Паранина Г.Н.)	3	44	Штенгелов Р.С.		
Лукашина Н.П.)	8	48	Суворов А.Н.	8	22	(Филимонова Е.А., Маслов А.А.)	10	38
				11	60	Шутова М.В. (Киселев С.Л.)	5	3
Павлова С.В.			Сурдин В.Г.	7	81			
(Шевченко А.И., Закиян С.М.)	1	22		11	86	Ющенко А.И.	6	75
Панова Т.Д.	7	87	Сытин А.К.	5	81			
	12	64		10	85	Яснецкий Г.Н.	6	52





**МАРИНА ЮЗЕФОВНА ЗУБРЕВА**  
13 мая 1944 г. — 22 октября 2010 г.

**22 октября 2010 г. безвременно ушла из жизни наша Марина.** Трудно поверить, что ее с нами нет. Сорок лет «Природа» была для нее вторым домом, нашим с ней общим домом. Она пришла в журнал еще комсомолкой, за плечами были географический факультет МГУ и короткая работа в АПН. Редакторскому мастерству училась на лету, на месте, и стала блестящим профессионалом. Добывала материалы, придумывала темы и нередко писала сама. Она не только многие годы возглавляла отдел географии, но и всегда приходила на выручку там, где было нужно. Заменяла ответственного секретаря (т.е. по сути отвечала за весь журнал), редакторов других отделов.

Незаменимым человеком она была и в нерабочей жизни — все наши праздники, большие и малые, вела Мариша, писала стихи и смешные заметки — все это несмотря на сложности своей жизни.

Помнятся ее интересные рассказы о заседаниях Географического общества, членом которого она состояла.

Душевная теплота, умение сопереживать и готовность помочь — эти редкие качества Марины делали ее замечательным товарищем. Не каждый из нас способен помочь давно ушедшему на пенсию бывшему начальнику, с которым ранее были далеко не простые отношения. Марина же активно участвовала в жизни одинокой пожилой женщины, а после ее смерти подготовила о ней прекрасную публикацию.

Осиротели не только мы, ее сын, которому она посвятила свою жизнь, для которого до последней минуты была надежной опорой, но и множество людей, связанных с ней лично. В том числе и авторы, чьи статьи и очерки появлялись на страницах «Природы» благодаря таланту Марины Юзefовны. Наверное, еще долго в редакцию будут приходить письма, адресованные Марине, а нам всем будет не хватать ее энергии, жизнелюбия, тепла, ее улыбки и смеха, способности преодолевать трудности, сохраняя оптимизм и веру в людей.

# ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь

**Е.А.КУДРЯШОВА**

Научные редакторы

**О.О.АСТАХОВА**

**Л.П.БЕЛЯНОВА**

**М.Ю.ЗУБРЕВА**

**Г.В.КОРОТКЕВИЧ**

**К.Л.СОРОКИНА**

**Н.В.УЛЬЯНОВА**

**Н.В.УСПЕНСКАЯ**

**О.И.ШУТОВА**

**С.В.ЧУДОВ**

Литературный редактор

**Е.Е.ЖУКОВА**

Художественный редактор

**Т.К.ТАКТАШОВА**

Заведующая редакцией

**И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА**

Младший редактор

**Г.С.ДОРОХОВА**

Перевод:

**С.В.ЧУДОВ**

Набор:

**Е.Е.ЖУКОВА**

Корректоры:

**М.В.КУТКИНА**

**Л.М.ФЕДОРОВА**

Графика, верстка:

**А.В.АЛЕКСАНДРОВА**

Свидетельство о регистрации  
№1202 от 13.12.90

Учредитель:

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

Адрес редакции: 119049,  
Москва, Маро́новский пер., 26  
Тел.: (499) 238-24-56, 238-25-77  
Факс: (499) 238-24-56  
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 16.11.2010  
Формат 60×88 1/8  
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,  
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2  
Заказ 687  
Набрано и сверстано в редакции

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