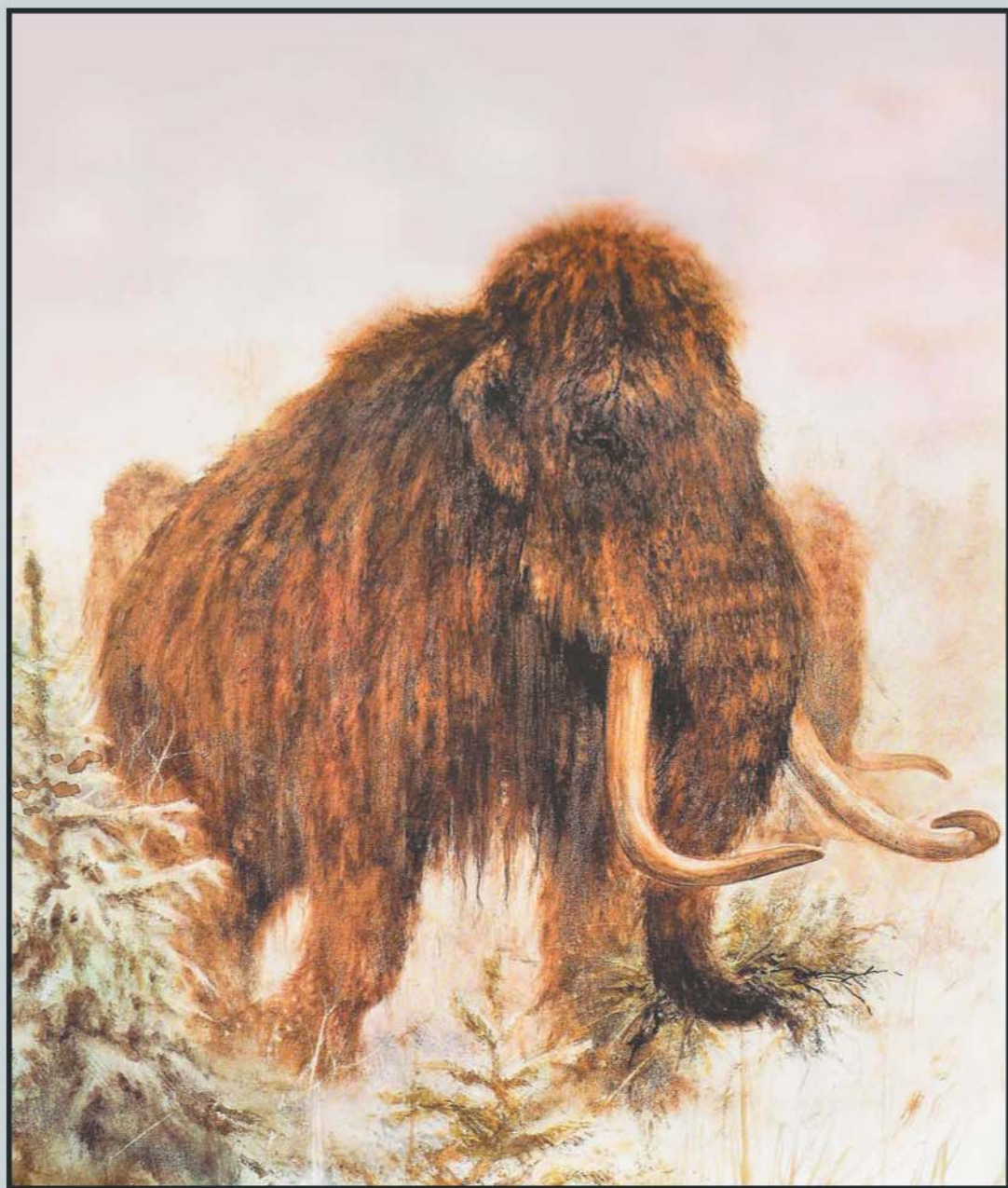


ПРИРОДА

3 08



В НОМЕРЕ:**3 Богданов Ю.Ф.****Белковые механизмы мейоза**

Успехи в изучении синаптонемного комплекса, уникальной субъядерной структуры, открытой в середине прошлого столетия, позволили не только приблизиться к пониманию молекулярных механизмов мейоза, но и привели к появлению надежных цитогенетических методов для решения биологических и медицинских задач.

10**IV Международная мамонтовая конференция****17 Немировская И.А.****Нефтяные углеводороды в океане**

Углеводороды, попадающие в океан антропогенным путем, трансформируясь, становятся близкими по составу природным соединениям, образующимся при естественных биогеохимических процессах, что не позволяет однозначно определять природу углеводородов, обнаруженных в различных морских объектах.

28 Леменовский Д.А., Зайцева Г.С., Карлов С.С.**Атраны – молекулярные бутоны**

Эти соединения каркасной конструкции, открытые чуть больше 40 лет назад, активно изучаются. Сейчас в структуру атранов вводят атомы большинства металлов, соединяют несколько молекул в одну. Не исключено, что свойства атранов принесут много интересного.

34 Черных Е.Н.**Евразийский «степной пояс»: у истоков формирования**

Основой представлений о ранних этапах этого исторического феномена стали многочисленные находки древних металлических предметов в разных частях Евразии.

Научные сообщения**44 Бенедиктов А.А.****Предсмертная песня «зомби»****47 Свиточ А.А.****Ледниковые пустыни в истории Земли****52****Калейдоскоп**

Модель геодинамо (52). Воздействие приливов на скорость ледовых потоков (52). За бабочку — в тюрьму (53). Происхождение этрусков (53). Живой цемент (53). Серебристые облака изучает спутник (53). О жизни древних инков рассказывают... клещи (54). Предсказание гроз (54).

55 «ТРАДИЦИИ – НЕ ПЕПЕЛ, А ОГОНЬ»

К 100-летию Исаака Константиновича Кикоина

Фридляндер И.Н.**Кружево центрифуг (58)****Мейлихов Е.З., Сорокина К.Л.****Два классических эксперимента Кикоина по сверхпроводимости (62)****Ожогин В.И.****Кикоин как множество... (66)****Немецкий дневник: письма 1930 года (71)****77****Новости науки**

Планеты у А-звезд. **Вибе Д.З.** (77). Первая периодическая комета SOHO (77). Квантовый компьютер в алмазе при комнатной температуре (78). Двухкубитные операции с нейтральными атомами (79). Еще раз про кремниевую спинтронику (79). Гигаинвестиции в нанотехнологии (80). Живой коралл умеет защищать свой скелет. **Келлер Н.Б., Демина Л.Л., Оськина Н.С.** (80). Круговорот марганца в океане. **Базилевская Е.С.** (82). Растительность в районе моря Лаптевых 200 тысяч лет назад (84). К ледниковой истории Евразии (84). Как сохранить островных ящеров? **Семенов Д.В.** (85).

Коротко (9)

Рецензии**86 Маркин В.А.****Возвращение из «белого безмолвия» (на кн.: В.И.Альбанов. На юг, к Земле Франца-Иосифа!)****90****Новые книги****Встречи с забытым****91 Валькова О.А.****Первая дама естественной истории**

CONTENTS:

3 **Bogdanov Yu.F.** **Protein-mediated Mechanisms of Meiosis**

Advances in study of synaptonemal complex – an unique subnuclear structure discovered in the middle of the last century – allowed not only came close to understanding of molecular mechanisms of meiosis, but also led to emergence of reliable cytogenetic methods for solving problems in biology and medicine.

10 **IV International Mammoth Conference**

17 **Nemirovskaya I.A.** **Petroleum Hydrocarbons in Ocean**

Hydrocarbons of anthropogenic origin in the ocean are transformed into substances with composition close to the products of natural biogeochemical processes. This does not allow unambiguously determine the origin of hydrocarbons found in different sea objects.

28 **Lemenovsky D.A., Zaitzeva G.S., Karlov S.S.** **Atranes – Molecular Buds**

These frame-structured compounds discovered more than 40 years ago are actively studied. Now atoms of almost any metals can be added to these structures and several molecules can be put together into one. Many interesting properties can be found in these compounds.

34 **Chernykh E.N.** **Formation of Eurasian «Steppe Belt» at the Cradle**

The views on early stages of this historical phenomenon are based on numerous findings of ancient metal artifacts in different parts of Eurasia.

Scientific Communications

44 **Benediktov A.A.** **Dying Song of «Zombi»**

47 **Svitoch A.A.** **Glacial Deserts in the Earth History**

52 **Kaleidoscope**

A Model of Geodynamo (52). Effect of Tides on Ice Flows (52). Prison Term for Butterfly Smuggling (53). Origins of Etruscans (53). Living Cement (53). Satellite Studies of Noctilucent Clouds (53). Mites Telling History of Ancient Incas (54). Prediction of Thunderstorms (54).

55 «TRADITIONS ARE NOT ASHES, BUT FIRE» To Centenary of Isaak Konstantinovich Kikoin **Fridlyander I.N.**

The Lace of Centrifuges (58)

Meilikhov E.Z., Sorokina K.L.

Two Classical Experiments of Kikoin on Superconductivity (62)

Ozhogin V.I.

Kikoin as a Set...(66)

German Diary: Letters of 1930 (71)

77 **Science News**

Planets around A-stars. **Wiebe D.Z.** (77). The First Periodic Comet SOHO (77). Quantum Computer in a Diamond at a Room Temperature (78). Two-Qubits Operations with Neutral Atoms (79). Once Again about Silicone Spintronics (79). Gigainvestment in Nanotechnology (80). Living Coral Can Defend Its Skeleton. **Keller N.B., Demina L.L., Os-kina N.S.** (80). Circulation of Manganese in the Ocean. **Ba-zilevskaya E.S.** (82). Vegetation in Laptev Sea Region 200 thousand years ago (84). To the History of Eurasian Glaciation (84). How to Conserve Island Lizards? **Semenov D.V.** (85).
In Brief (9)

Book Reviews

86 **Markin V.A.** **Return from «White Silence»** (on book: V.I.Albanov. To the South, to Franz Joseph Land!)

90 **New Books**

Encounters With Forgotten

91 **Valkova O.A.** **The First Dame of Natural History**

Белковые механизмы мейоза

Ю.Ф.Богданов

Мейоз — важнейший процесс клеточного деления, происходящего накануне формирования половых клеток и открытый еще в конце XIX в., долгое время оставался предметом пристального внимания весьма узкого круга цитологов. Он попал в поле зрения молекулярных биологов лишь в 90-х годах XX в. Бурному развитию исследований в этой области способствовали работы по молекулярной генетике модельных объектов, а также появление новых иммуноцитохимических методов, которые дали в руки исследователей удобный способ изучения белков, участвующих в мейозе [1].

У всех эукариот во время мейоза формируется субмикроскопическая структура, получившая название *синаптонемный комплекс* (от греч. *synartosis* — соединенный, *nema* — нить). Исследование молекулярной организации этого комплекса и его роли в мейозе показало, что он нужен для рекомбинации хромосом и редукции их числа. Об этом и пойдет речь в данной статье.

Но сначала напомним основные сведения о мейозе, состоящем из двух делений: мейоза I и мейоза II. В результате редукционного деления (мейоза I) число хромосом в дочерних клетках уменьшается в два раза по сравнению с набором хромосом родительской клетки. Это происходит потому, что количе-



Юрий Федорович Богданов, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник Института общей генетики им. Н.И.Вавилова РАН. Область научных интересов: клеточная биология, цитогенетика, проблемы организации эукариотической хромосомы, проблемы генетического контроля мейоза и биологии половых клеток.

ство ДНК в хромосомах удваивается только один раз перед мейозом I (рис.1). Двукратная редукция числа хромосом в ходе формирования половых клеток позволяет при оплодотворении восстановить исходное (диплоидное) число хромосом и сохранить его постоянство. Для этого необходимо строгое разделение пар гомологичных хромосом между половыми клетками. При ошибках возникает анеуплоидия — нехватка или избыток хромосом, и этот дисбаланс приводит к гибели зародыша или тяжелым anomalies развития (у человека к так называемым хромосомным болезням).

Структура и функция синаптонемного комплекса

Синаптонемный комплекс представляет собой две белковые оси гомологичных хромосом, соединяющихся с помощью

белковой «застежки-молнии» (рис.2). Зубцы «застежки» — это палочковидные димеры из параллельно уложенных и одинаково ориентированных белковых молекул с длинной α -спиралью в середине молекулы. У дрожжей *S.cerevisiae* — это белок Zip1, у млекопитающих и человека — SCP1 (SYCP1). Эти белки своими C-концами закреплены на хромосомных осях (латеральных элементах комплекса), а N-концами направлены навстречу друг другу, внутрь центрального пространства (рис.3). На N-концах молекул находятся заряженные «шпоры» — чередующиеся пики плотностей положительных и отрицательных зарядов аминокислот (рис.4), комплементарное взаимодействие которых обеспечивает прочную электростатическую связь зубцов.

Так называемое центральное пространство комплекса (щель между белковыми осями, запол-

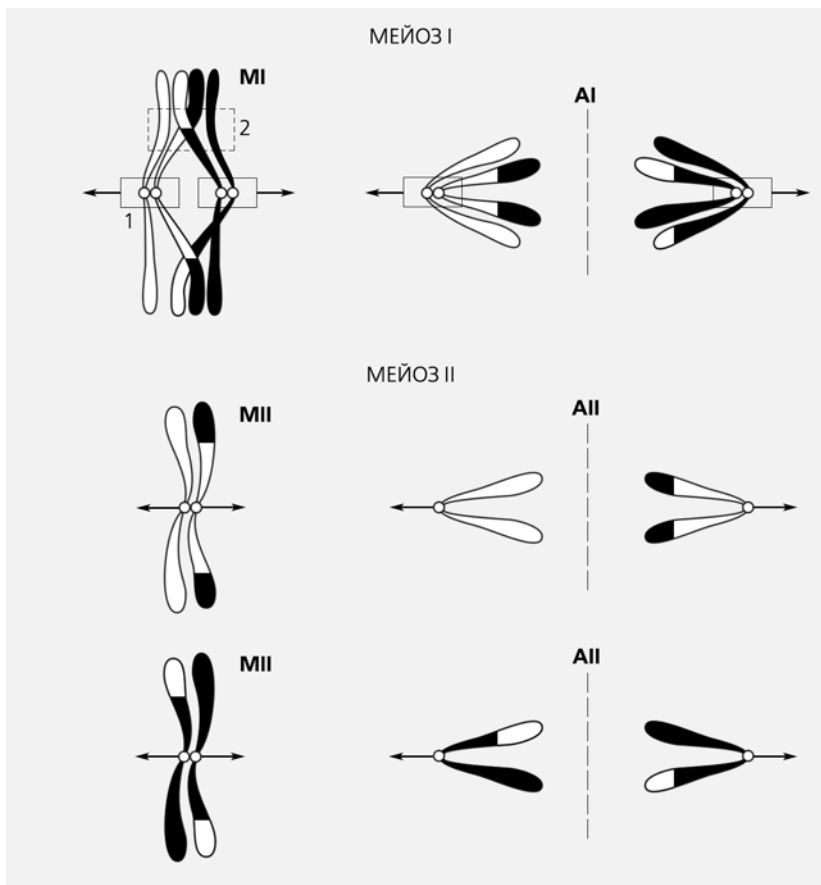


Рис.1. Схема расхождения хромосом в мейозе. Для точного распределения гомологичные хромосомы сначала попарно выстраиваются на экваторе клетки, а затем расходятся к полюсам, что и происходит в ходе мейоза I, а предварительное попарное соединение хромосом осуществляется с помощью синаптонемного комплекса, возникающего только во время мейоза. Рамкой 1 обозначен центромерный район хромосом, несущий нерасщепленный кинетохор, рамкой 2 — хиазма.

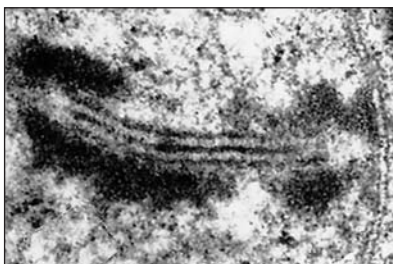


Рис.2. Ультратонкий продольный срез синаптонемного комплекса свиной аскариды *Ascaris suum*, состоящего из двух латеральных и центрального элементов. К латеральным элементам прилегает плотно конденсированный хроматин. Центральный элемент формируется перекрытием белковых зубцов «застежки-молнии». Фото автора

ненная зубцами «застежки», шириной около 100 нм), как и весь комплекс (его сечение — порядка 150–200 нм) в обычном световом микроскопе не видны, поскольку весь комплекс замаскирован хроматином. Впервые синаптонемный комплекс увидели на ультратонких (толщиной 0,8 мкм) срезах семенников речного рака и мышцы с помощью просвечивающего электронного микроскопа. Его обнаружили в 1956 г. независимо друг от друга два американских исследователя — М.Мозес и Д.В.Фоссет [2].

Теперь при исследовании комплекса используют так называемый метод микроспредиро-

вания. Клетки семенников (или пыльников растений) после гипотонического шока помещают на пластиковую подложку, нанесенную на предметное стекло. Содержимое лопнувшей клетки фиксируется слабым раствором формальдегида и контрастируется солями тяжелых металлов (лучше всего — $AgNO_3$). Стекло просматривают в фазовоконтрастном микроскопе и по косвенным признакам выбирают клетки, которые должны содержать комплекс. Кружочек пленки с нужной клеткой подхватывают на металлическую сеточку и помещают ее в электронный микроскоп (рис.5). По необходимости перед контрастированием клетки обрабатывают антителами к интересующим исследователя белкам. Эти антитела метят калиброванными гранулами коллоидного золота, которые хорошо видны в электронном микроскопе.

В ходе профазы мейоза I синаптонемный комплекс удерживает параллельно расположенные гомологичные хромосомы почти до момента их построения на экваторе клетки (метафаза I). Хромосомы соединяются с помощью синаптонемного комплекса на некоторое время (от 2 ч у дрожжей до 2–3 сут у человека), в течение которого между гомологичными хромосомами совершается обмен гомологичными участками ДНК — кроссинговер [3]. В кроссинговере, происходящем с частотой не менее одного события (чаще — два, реже три или четыре) на пару гомологичных хромосом, участвуют десятки специфичных для мейоза белков-ферментов.

Молекулярный механизм кроссинговера и его генетические последствия — это две большие темы, выходящие за рамки задач данного рассказа. Нас этот процесс интересует потому, что в результате него гомологичные хромосомы прочно связываются перекрещенными молекулами ДНК (хиазмами) и необходимость попарного

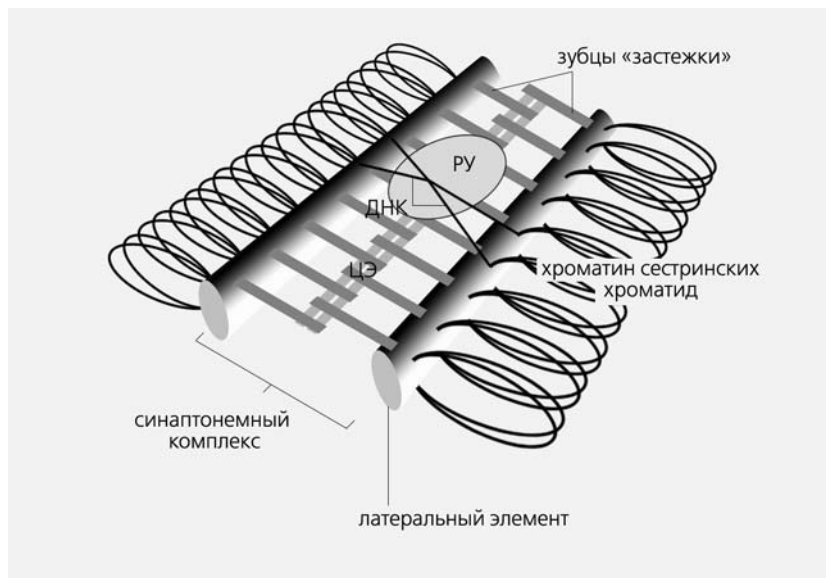


Рис.3. Схема строения синаптонемного комплекса почкующихся дрожжей, дрозофилы и млекопитающих. ЦЭ — центральный элемент; РУ — рекомбинационный узелок, в составе которого экспериментально выявлены ферменты, участвующие в кроссинговере.

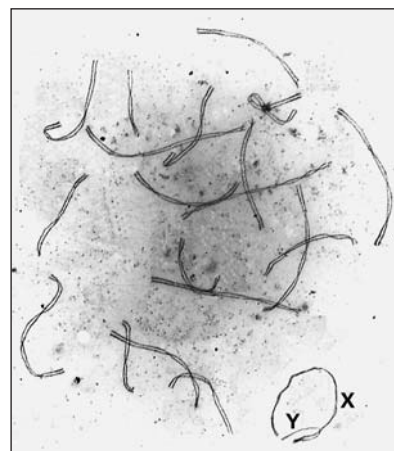


Рис.5. Полный набор распластанных на подложке синаптонемных комплексов из сперматигота мыши. Видны 19 сформированных комплексов и контактирующие концами белковые оси половых хромосом (XY).

Фото О.Л.Коломиец

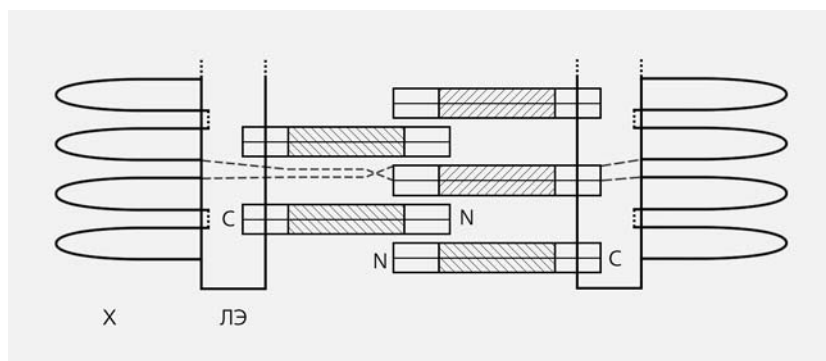


Рис.4. Схема строения центрального пространства синаптонемного комплекса. X — петли хроматина, ЛЭ — латеральный элемент, N и C — концы молекул белка SCP1. Центральная, α -спиральная часть молекул белка показана штриховкой. Димеры из параллельно уложенных молекул SCP1 образуют зубцы «застежки-молнии».

удержания хромосомы с помощью синаптонемного комплекса отпадает (после завершения кроссинговера комплекс исчезает). Гомологичные хромосомы, соединенные хиазмами, выстраиваются на экваторе веретена клеточного деления и расходятся с помощью нитей веретена клеточного деления в разные клетки. После завершения мейоза число хромосом в дочерних клетках уменьшается вдвое.

Итак, только накануне мейоза I структура хромосом радикально меняется. Очень специфическая внутриядерная и межхромосомная структура — синаптонемный комплекс — возникает один раз в жизненном цикле организма на короткое время для попарного соединения гомологичных хромосом и кроссинговера, а затем демонтируется. Эти и многие другие события в ходе мейоза на молекулярном и субклеточном

(ультраструктурном) уровнях обеспечиваются работой многочисленных белков, выполняющих структурные, каталитические и кинетические (моторные) функции.

Белки синаптонемного комплекса

Еще в далекие 70-е годы мы получили косвенные доказательства того, что синаптонемный комплекс формируется путем самосборки его элементов, которая может происходить и в отсутствие хромосом. Эксперимент поставила сама природа, а нам удалось его наблюдать. Оказалось, что у свиной аскариды в цитоплазме клеток, готовящихся к мейозу I, появляются пакеты или «штабеля» абсолютно правильно уложенных морфологических элементов синаптонемного комплекса (хотя в цитоплазме нет хромосом: они — в ядре). Поскольку на стадии подготовки клеток к мейозу в клеточных ядрах еще нет синаптонемного комплекса, появилось предположение о несовершенстве контроля очередно-

сти событий мейоза у этого примитивного организма. Избыток новосинтезированных белков в цитоплазме приводит к их полимеризации и возникновению структуры, не отличающейся от синаптонемного комплекса [3]. Эта гипотеза получила подтверждение только в 2005 г. благодаря работе интернациональной группы исследователей, работающих в Германии и Швеции. Они показали, что если ген, кодирующий белок зубцов «застежки-молнии» млекопитающих (SCP1), внедрить в соматические клетки, растущие на искусственной питательной среде, и активировать его, то внутри культивируемых клеток возникает мощная сеть из белков SCP1, «застегнутых» между собой так же, как в центральном пространстве комплекса. Фор-

мирование слоя из сплошных белковых «застежек-молний» в культуре клеток означает, что предсказанная нами способность белков комплекса к самосборке доказана [4].

В 1989 и в 2001 гг. сотрудники нашей лаборатории О.Л. Коломиец и Ю.С. Федотова исследовали естественный «демонтаж» синаптонемных комплексов на завершающих этапах их существования. Этот многоэтапный процесс лучше всего удалось проследить на материнских клетках пыльцы в пыльниках ржи, где есть частичная синхронность мейоза [5]. Выяснилось, что латеральные элементы комплекса демонтируются путем постепенного «раскручивания» белковой суперспирали, имеющей три уровня упаковки (рис.6).

Основа протяженных латеральных элементов — комплекс из четырех белков когезинов (от англ. cohesion — сцепление). Накануне мейоза в хромосомах появляется специфичный белок когезин Rec8, который заменяет соматический когезин Rad21. Затем к нему присоединяются три других белка-когезина, присутствующие и в соматических клетках, но вместо соматического когезина SMC1 появляется специфический для мейоза белок SMC1b (его N-конец на 50% отличается от N-конца соматического белка SMC1). Этот когезиновый комплекс располагается внутри хромосомы между двумя сестринскими хроматидами, удерживая их вместе. С комплексом когезинов связываются мейоз-специфичные белки, которые становятся мажорными белками хромосомных осей и превращают их (эти оси) в латеральные элементы синаптонемного комплекса [6]. У млекопитающих мажорные белки синаптонемного комплекса — SCP2 и SCP3, у дрожжей белки Hop1 и Red1, а мейоз-специфичный белок — Rec8.

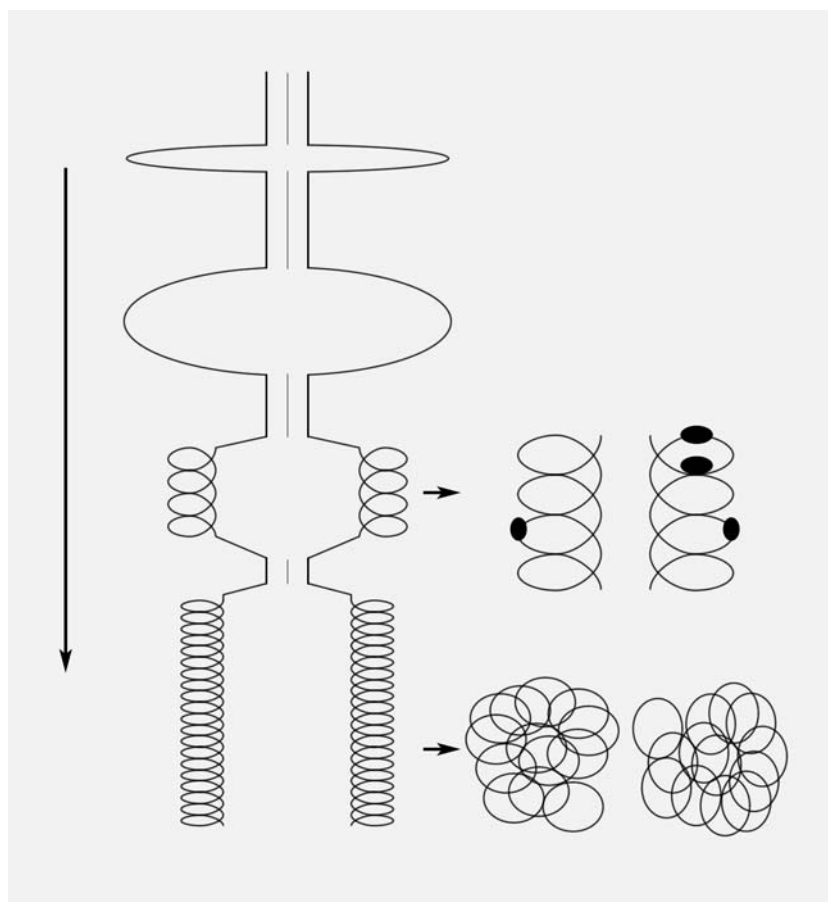


Рис.6. Этапы демонтажа синаптонемного комплекса в ходе стадии диплотены мейоза у ржи. Все линии обозначают только постепенно вытягивающуюся белковую нить.

Эволюционный парадокс белков

У млекопитающих и дрожжей белки синаптонемного комплекса имеют разные аминокислотные последовательности, но их вторичная и третичная структуры одинаковы. Так, белок «застежки-молнии» SCP1 у млекопитающих и негомолгичный ему белок Zip1 у дрожжей построены по единому плану. Они состоят из трех аминокислотных доменов: центральный — α -спираль, способная к формированию спирали второго порядка (суперспирализации), и два концевых домена — глобулы. Мажорные белки SCP2 и SCP3, не имеющие никакой гомологии с белками Hop1 и Red1 дрожжей и, видимо, с еще недостаточно изученными белками комплекса у растений, также

строят морфологически и функционально одинаковые структуры синаптонемного комплекса [7]. Это значит, что первичная структура (последовательность аминокислот) этих белков — эволюционно нейтральный признак.

Итак, негомологичные белки у эволюционно далеких организмов строят синаптонемный комплекс по единому плану. Объясняя этот феномен, воспользуясь аналогией со строительством домов из разных материалов, но по единому плану. Важно, чтобы в таких домах были стены, перекрытия, крыша и чтобы строительные материалы соответствовали условиям прочности. Равным образом, при формировании синаптонемного комплекса необходимы латеральные элементы («стены»), поперечные филаменты (зубцы «застежки-молнии») — «перекрытия» и центральное пространство (помещение для «кухни»). Там должны поместиться «кухонные роботы» — комплексы ферментов рекомбинации, собранные в так называемые «рекомбинационные узелки».

Ширина центрального пространства синаптонемного комплекса у дрожжей, кукурузы и человека составляет примерно 100 нм. Это обусловлено длиной односпиральных участков ДНК, покрытых белком рекомбинации Rad51. Этот белок относится к группе ферментов (подобных бактериальному белку рекомбинации RecA), которые сохраняют гомологию со времен появления рекомбинации молекул ДНК (примерно 3.5 млрд лет назад). Неизбежность гомологии белков рекомбинации у далеких организмов определяется их функцией: они взаимодействуют с двойной спиралью ДНК (одинаковой у бактерий и млекопитающих), разделяя ее на односпиральные нити, покрывают их белковым чехлом, переносят одну нить в гомологичную хромосому и там снова восстанавливают двойную спираль. Естественно,

что большинство ферментов, участвующих в этих процессах, сохраняют гомологию более 3 млрд лет. В противоположность им синаптонемные комплексы, появившиеся у эукариот после возникновения мейоза (около 850 млн лет назад), построены из негомологичных белков... но схема их доменного строения одинакова. Откуда взялась эта схема?

Подсказкой служит упомянутый белок Rec8, с которого начинается формирование хромосомных осей в цикле мейоза и который есть у всех изученных организмов. Можно предположить, что строительным материалом для осей мейотических хромосом и латеральных элементов синаптонемного комплекса могут быть любые итермедиатные белки, которые способны образовывать волокнистую структуру (SCP2, Nor1 и др.), взаимодействовать с когезином Rec8 и «осаждаться» на нем, как бетон на металлической арматуре.

В последние годы, испытывая трудности в проведении экспериментальной работы из-за недостаточного финансирования, мы стали активно использовать методы биоинформатики. Нас интересовал белок «застежки-молнии» у дрозофилы. Учитывая сходство вторичной и третичной структур белков Zip1 дрожжей и SCP1 человека, мы предположили, что белок «застежки-молнии» у дрозофилы имеет такое же строение. Мы приступили к работе в 2001 г., когда геном дрозофилы уже был секвенирован и стало известно, что в нем имеется примерно 13 тыс. потенциальных генов. Как же найти ген для искомого нами белка?

Среди 125 известных к тому времени генов мейоза у дрозофилы мы предвидели лишь одного кандидата на эту роль. Дело в том, что мутация гена *c(3)G* лишала хромосомы способности соединяться попарно с помощью «застежки-молнии» и вступать в рекомбинацию. Мы пред-

положили, что у мутантов дефектен белок, формирующий субмикроскопические зубцы «застежки». Вторичная структура и конформация искомого белка должна быть аналогична белкам Zip1 и SCP1.

Зная, что ген *c(3)G* находится у дрозофилы в хромосоме 3, мы искали в базе данных об этом районе (составляющем 700 тыс. пар нуклеотидов) такую открытую рамку считывания, которая могла бы кодировать похожий белок. Мы понимали, что при отсутствии гомологии в первичной структуре искомого белка и дрожжевого их размер, организация (из трех доменов) и способность центрального домена формировать α -спираль определенной длины (около 40 нм) должны быть аналогичными. Об этом говорило сходство электронно-микроскопической картины синаптонемного комплекса в мейозе у дрожжей и у дрозофилы.

Просмотрели открытые рамки считывания почти для 80 генов в районе поиска. С помощью компьютерных программ, позволяющих прогнозировать вторичную структуру виртуального белка, его физико-химические свойства и распределение электростатических зарядов в молекулах, Т.М.Гришаева нашла такую рамку считывания на границе зоны локализации гена *c(3)G*. (Это не очень точно предсказали японские генетики на микроскопической карте хромосом.) Им оказался ген *CG17604* по геномной карте компании «Селера».

Мы заключили, что этот виртуальный ген должен быть давно известным геном *c(3)G* и кодировать белок, аналогичный белку Zip1 дрожжей. В ответ на наше сообщение [8] мы получили электронное письмо из США от С.Хоули. Он экспериментально доказал, что ген *c(3)G* кодирует белок, формирующий «застежку-молнию» между хромосомами в мейозе у дрозофилы [9]. Результаты наших работ совпали, но экспериментальная работа

группы Хоули заняла около семи лет, а наша компьютерная работа силами трех человек — лишь около трех месяцев. Статьи вышли из печати одновременно. В 2003 г. мы опубликовали метод наших компьютерных поисков и привели примеры аналогичных виртуальных белков у других организмов [10]. Эту работу сейчас охотно цитируют зарубежные коллеги, и наш метод успешно работает в их руках в сочетании с экспериментальной проверкой. Так, в 2005 г. группа английских биологов обнаружила ген и белок зубцов «застежки-молнии» у растения *Arabidopsis thaliana* [11].

В заключение приведу пример еще одной находки в области молекулярной биологии мейоза, но надо начать с митоза. Для того чтобы в анафазе митоза хроматиды разошлись, нужно разрушить «склеивающий» их когезин. Гидролиз когезинов во время митоза — это генетически программируемое событие. А вот в метафазе мейоза I, когда гомологичные хромосомы выстроены на экваторе клетки и белковое веретено готово растащить их к полюсам, гидролиз когезинов оказывается невозможным. Именно поэтому обе хроматиды каждой хромосомы, склеенные между собой в области кинетического центра хромосом (кинетохора), направляются к одному полюсу (см.рис.1). В конце 90-х годов японские исследователи, изучая мейоз у дрожжей, установили, что в районе кинетохора когезины защищены белком, названным ими шугошином (корень этого термина взят из лексики самураев и означает защиту). Очень быстро мировое сообщество исследователей мейоза пришло к выводу, что аналогичные белки-шугошины есть у дрозофилы, у кукурузы и у других объектов. При этом гены, «запрещающие» разъединение хроматид в мейозе I у дрозофилы, были известны лет за 10 до этого, но их белковый продукт не был расшифрован. А в 2005 г.

группа американских исследователей из Калифорнийского университета в Беркли, среди которых и наша соотечественница и моя давняя коллега по исследованию мейоза И.Н.Голубовская, сообщила, что во время метафазы I мейоза в хромосомах кукурузы шугошин ZmSGO1 расположен по обе стороны от кинетохоров, причем появляется он в этом районе только в том случае, если там уже есть когезин Rec8, которого он и защищает от гидролиза (но только в мейозе I). Эти результаты получены с помощью флуоресцирующих антител к белкам и конфокального микроскопа [12]. Остается добавить, что японские исследователи тут же сообщили, что шугошин защищает Rec8 от гидролиза, если шугошин дефосфорилирован. Фосфорилирование и дефосфорилирование, так же как ацетилирование и деацетилирование, — важные модификации, меняющие свойства белковых молекул.

Прикладной аспект

Все рассказанное — красивая фундаментальная наука, а можно ли использовать эти знания в практических целях? Можно. Еще в середине 80-х годов британские исследователи и наша лаборатория на разных экспериментальных моделях доказали, что, используя микросреды синаптонемных комплексов, можно выявить в два раза больше хромосомных перестроек (делеций, транслокаций, инверсий) по сравнению с традиционным методом анализа хромосом на стадии метафазы (рис.7). Дело в том, что синаптонемный комплекс — скелетная структура мейотических хромосом в профазе. В это время хромосомы примерно в 10 раз длиннее, что значительно повышает разрешающую способность анализа. Однако исследовать запутанные в клубок профазные хромосомы практически невозможно, а же-

сткие скелетные структуры синаптонемного комплекса не боются расплывания, и, кроме того, электронный микроскоп способен различать миниабберации, недоступные световому микроскопу.

Мы задались вопросом: можно ли установить причину стерильности потомства облученных мышей, изучая не хромосомы, а синаптонемный комплекс? Оказалось, что у стерильных мышей, унаследовавших от родителей хромосомные транслокации, эти перестройки выявляются с помощью комплекса в 100% исследуемых клеток, а при обычных методах «метафазного» анализа — лишь в 50% клеток [13]. Группа испанских исследователей обследовала более 1 тыс. мужчин, страдающих бесплодием. У трети из них причину бесплодия ранее не удавалось установить, а изучение синаптонемного комплекса из клеток семенников этих пациентов позволило половине из них поставить диагноз: причина бесплодия в отсутствии синаптонемного комплекса, из-за чего сперматоциты (клетки-предшественники сперматозоидов) не развиваются, т.е. наблюдался «арест» процесса мейоза и всего сперматогенеза [14]. Аналогичные результаты получены О.Л.Коломиец совместно с врачами из Харькова. Исследование синаптонемного комплекса



Рис. 7. Фрагмент синаптонемного комплекса, несущего гетерозиготную хромосомную перестройку — инверсию, которая проявляется как типичная инверсионная петля.

Фото Ю.С.Федотовой

в сочетании с другими методами анализа повышает процент выявления причин бесплодия у обследованных пациентов-мужчин с 17 до 30% [15]. Некоторые английские клиники уже в 90-х годах XX в. активно использовали подобные методы. Такая диагностика, конечно, требует высокой теоретической и практической квалификации врачей и использования электронных микроскопов. Российские лаборатории еще не достигли такого уровня, за исключением Института общей генетики им.Н.И.Вавилова РАН (Москва) и Института цитологии и генетики СО РАН (Новосибирск).

Можно думать, что интенсивные исследования механиз-

мов мейоза неизбежно приведут к применению полученных знаний в тех областях биологии и медицины, которые связаны с фертильностью живых организмов, включая человека. Однако закон применения научных достижений на практике неизменен: «внедрять» что-либо силой — бесполезно. Практики сами должны следить за достижениями науки и использовать их. Именно такой подход применяют передовые фармакологические и биотехнологические фирмы.

От открытия мейоза (1885) до открытия синаптонемного комплекса (1956) прошло примерно 70 лет, а с 1956 г. до открытия белков синаптонемного

комплекса (1986) — еще 30. За последующие 20 лет мы узнали структуру этих белков, кодирующие их гены, взаимодействие белков при построении и работе синаптонемных комплексов, в частности, их взаимодействие с белками-ферментами рекомбинации ДНК и т.д., т.е. больше, чем за предшествующий 30-летний период описательных цитологических исследований. Возможно, для расшифровки основных молекулярных механизмов мейоза потребуется не более двух десятков лет. История науки, как и всей цивилизации, характеризуется «сжатием времени», нарастающим уплотнением событий и открытий. ■

Литература

1. Page S.L., Hawley R.S. // Annu. Rev. Cell Develop. Biol. 2004. V.20. P.525—558.
2. Moses M.J. // Chromosoma. 2006. V.115. P.152—154.
3. Bogdanov Yu.F. // Chromosoma. 1977. V.61. P.1—21.
4. Ollinger R. et al. // Moll. Biol. Cell. 2005. V.16. P.212—217.
5. Fedotova Y.S. et al. // Genome. 1989. V.32. P.816—823; Коломиец О.Л. и др. // Биологические мембраны. 2001. Т. 18. С. 230—239.
6. Bogdanov Yu.F. et al. // Int. Review. Cytol. 2007. V.257. P.83—142.
7. Богданов Ю.Ф. // Онтогенез. 2004. Т.35. №.6. С.415—423.
8. Grishbaeva T.M. et al. // Drosophila Inform. Serv. 2001. V. 84. P.84—89.
9. Page S.L., Hawley R.S. // Genes Develop. 2001. V.15. P.3130—3143.
10. Bogdanov Yu.F. et al. // In Silico Biol. 2003. V.3. P.173—185.
11. Osman K. et al. // Chromosoma. 2006. V.115. P.212—219.
12. Hamant O., Golubovskaya I. et al. // Curr. Biol. 2005. V.15. P.948—954.
13. Kalikinskaya E.I. et al. // Mut. Res. 1986. V.174. P.59—65.
14. Egozcue J. et al. // Hum. Genet. 1983. V.65. P.185—188; Carrara R. et al. // Genet. Mol.Biol. 2004. V.27. P.477—482.
15. Богданов Ю.Ф., Коломиец О.Л. Синаптонемный комплекс. Индикатор динамики мейоза и изменчивости хромосом. М., 2007.

Рост кристаллов гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) в мексиканском руднике Наика начался 25 млн лет назад, и теперь они имеют 10-метровую длину. Для достижения столь исключительного размера необходимы чрезвычайно стабильные физико-химические условия. Температура в руднике держится в течение нескольких тысячелетий на уровне 54°C , т.е. около предела растворимости гипса в слабо засоленных водах. Растворение

ангидрита — безводного гипса — способствует насыщению флюида ионами Ca^{2+} и SO_4^{2-} . В таких условиях кристаллы гипса могут расти почти до бесконечности.

La Recherche. 2007. №409. P.15 (Франция).

Известно, что морские черепахи проплывают тысячи километров, чтобы отложить яйца на пляжах, где они появи-

лись на свет, но, оказывается, они столь же привержены и к местам своих кормлений! Такое заключение сделано по материалам спутникового слежения за 20 черепахами видов *Caretta caretta* и *Chelonia mydas* во время их миграции от мест кладки яиц к местам кормлений. Возможно, это связано с ограничением пищевых ресурсов.

Science et Vie. 2007. №1077. P.18 (Франция).

Корешко

IV Международная мамонтовая конференция



Международные мамонтовые конференции стали регулярно собираться по инициативе Мамонтового комитета России, существующего при Зоологическом институте РАН. Первая из них состоялась в 1995 г. в Санкт-Петербурге, вторая — в 1999 г. в Роттердаме (Нидерланды). На третьей конференции в 2003 г. в Доусоне (Канада) было зачитано официальное письмо от имени правительства Республики Саха, предлагавшего следующую конференцию провести в Якутии. Хотя при организации подобных мероприятий не принято выбирать одну и ту же страну дважды, для России было сделано исключение, поскольку на ее северо-востоке (в основном именно в Якутии) за последнюю четверть века обнаружены самые ценные находки остатков мамонтов и других животных. Благодаря вечной мерзлоте здесь хорошо сохраняются не только кости, но и мягкие ткани животных, что особенно важно для генетических исследований, которые ведутся в настоящее время в лабораториях США и стран Европы.

По тематике четвертая Международная мамонтовая конференция, состоявшаяся в июне прошлого года в Якутске, мало отличалась от прежних — касалась проблем эволюции, систематики и морфологии не только самого мамонта, но и других млекопитающих, причем как его современников (относимых к так называемой мамонтовой фауне), так и ныне живущих.

Хотя по-прежнему самое большое количество информации о древних (исчезнувших около 10 тыс. лет назад) сообществах животных и растений дают традиционные исследования их морфологии, только комплексный подход к изучению находок и процессов, обеспечивающих их сохранность, позволяет судить о среде и биологических системах прошлого. Поэтому на конференции были представлены доклады более сотни ученых разных специальностей (палеонтологов, микробиологов, ботаников, палеогеографов, геологов и археологов) из ведущих учреждений 12 стран мира. На пленарных и секционных заседаниях обсуждалось историческое и географическое распространение слонов рода *Mammuthus*; их индивидуальное развитие, особенности онтогенеза и морфологические адаптации; история формирования и причины вымирания мамонтовой фауны Евразии; усло-

вия захоронения древних животных; изменения климата на протяжении плейстоцена; роль человека в уменьшении биоразнообразия на рубеже плейстоцена и голоцена.

Особый интерес вызвали сообщения, посвященные современным исследованиям генома мамонта и некоторых других видов вымерших крупных млекопитающих плейстоцена. В конце 1990-х годов многочисленные попытки генетиков расшифровать последовательность ДНК мамонта и выяснить его родственные отношения с современными слонами не увенчались успехом и даже привели к некоторому курьезу: по данным одних исследователей, он ближе к индийскому слону, а других — к африканскому. Причина неудач — деградация выделенных из образцов замороженных тканей клеток, в которых ДНК за проведенные в вечной мерзлоте тысячелетия распалась на короткие (всего в несколько сотен нуклеотидов) фрагменты. Чтобы собрать из них полный геном размером в несколько миллиардов нуклеотидов, необходимы новые подходы с привлечением математических методов анализа, основанных на комбинаторике. И такие методы уже разрабатываются, получены и первые результаты, вселяющие надежду, что в скором будущем все же удастся разобраться в филогении одного из самых известных, но до сих пор малоизученных древних млекопитающих.

Якутское правительство выделило специальные (не бюджетные) средства не только для проведения конференции, но и организации экскурсионной программы в музеи Якутска, обладающие одной из самых больших коллекций целых скелетов, костей и замороженных в вечной мерзлоте частей трупов древних млекопитающих, а также в расположенный в 100 км от Якутска заповедник, где проводится акклиматизация современных канадских лесных бизонов.

В резолюциях последних двух конференций международное научное сообщество выразило озабоченность все большим вовлечением уникальных палеонтологических материалов в коммерческую сферу. На Якутской конференции были разработаны конкретные рекомендации по ограничению, а порой и запрету коммерческого использования (особенно на зарубежных выставках, связанных с длительной

транспортировкой экспонатов) палеонтологических материалов, имеющих особую научную ценность (типовые материалы, трупы и целые скелеты мамонтов и других животных мамонтовой фауны). В соответствии с резолюцией, все редкие находки остатков животных мамонтовой фауны должны проходить предварительное комплексное научное исследование.

Конференция также поддержала инициативу правительства Якутии по созданию в Якутске Всемирного музея мамонта. Конкурс на лучший проект музея, в котором участвовали престижные международные архитектурные компании, объявлен в 2005 г. Хотя долгое время его фаворитом считалась французская компания «La Paz Group», представившая свой проект в начале 2006 г., победителем конкурса 19 июня 2007 г. стала американская фирма «Лазар». По мнению жюри, этот проект, строительство

которого начнется в 2008 г., наиболее органично вписывается в ландшафт на окраине Якутска, а интерьер сооружения лучше других отвечает его назначению. Стоимость музея не превысит 18 млн долл. Предполагается, что примерно половину этой суммы выделит Якутия, остальные средства планируется получить из прибыли от экспозиции головы Юкагирского мамонта в Японии с июля 2007 г. по апрель 2008 г., а также от различных спонсоров.

Всемирный музей мамонта должен стать одним из центров изучения не только мамонтов и мамонтовой фауны, но и одним из базовых научных учреждений, занимающихся изучением былого и современного биоразнообразия Арктики.

© Машенко Е.Н.,

кандидат биологических наук
Палеонтологический институт РАН

Листая тезисы

Арктическая часть Якутии — единственный регион не только в России, но и в мире, где в течение двух столетий непрерывно добывается ископаемая мамонтовая кость. В XIX в. уровень ее промысла составлял в среднем 20—25 т в год. В советский период организованный сбор бивня почти прекратился, и до 1979 г. общий объем заготовок едва ли превысил 10 т, однако в это время были собраны сведения о перспективных местонахождениях мамонтовой кости на арктических островах и побережьях моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря. С 1980-х годов по настоящее время на севере Якутии добывалось от 10 до 30 т бивня в год.

Распределены костные остатки в прибрежных «россыях» очень неравномерно (от единичных находок фрагментов на несколько километров до скоплений остатков трех-четырёх животных на 5—10 м²). По оценкам Приморской геологоразведочной партии СПО «Северкварцсамоцветы» 1979—1988 гг., в среднем распределение ископаемой мамонтовой кости составляет 0.0024 кг/м³. По данным СПО «Северкварцсамоцветы» и Якутской центральной поисково-съёмочной экспедиции 1995 г., в результате непрерывно протекающих эрозионных процессов на морском побережье ежегодно вымывается 1.5 т костных остатков мамонта, а по рекам региона — 3.5 т. Однако и эти данные требуют сегодня пересмотра.

В последние годы, когда в Республике Саха стало действовать нормативно-правовое регулирование промысла бивней мамонта, его добыча держится на уровне 25—30 т, что близко к объёму ес-

тественного «высвобождения» мамонтовых бивней из береговых отложений, который оценивается экспертами в 30—40 т в разные годы.

На основе всех этих данных была составлена карта «Местонахождения бивней и других остатков мамонтовой фауны» и проанализированы объёмы их добычи на севере Якутии. Наиболее перспективными местами для сбора бивней мамонта по-прежнему остаются побережья островов Новосибирского архипелага, где лицензионный сбор ежегодно составляет 10—12 т. Использование метода определения ресурса, основанного на оценке площади распространения едомных отложений, содержащих бивни мамонта, и анализе ежегодной их добычи, позволяет предположить, что едомные отложения арктического севера Якутии к востоку от устья р. Лена содержат от 34.0 тыс. т до 139.1 тыс. т мамонтового бивня.

Боескоров Г.Г., Лазарев П.А. (Музей мамонта ИПЭС АН РС, Якутия), **Кириллин Н.Д.** (Государственный комитет Республики Саха по геологии и недропользованию), **Тесцов В.В.** (Комитет по драгоценным металлам РС, Якутия).

* * *

Хотя большое скопление костей мамонтов на р.Лычгыгый-Аллаихе (низовья р.Индибирки, недалеко от знаменитого Берелехского «кладбища» мамонтов) было обнаружено еще в 70-е годы XX в., детально изучено оно было лишь в 2003 г. Оба местонахождения оказались во многом схожи. Судя по

результатам радиоуглеродной датировки, образовались они примерно в одно время: на Аччгыгый-Аллаихе примерно 12,4 тыс. лет назад, на Берелехе, откуда в 2004 г. был получен новый материал, примерно 12,3 тыс. лет назад. Однако в берелехском скоплении выявлена примесь костей и более древнего возраста (около 36,5 тыс. лет), которые могли переложиться из расположенной поблизости высокой террасы. В отличие от Берелехского «кладбища», где кости накапливались в течение около 800 лет, Аччгыгый-Аллаиховское сформировалось очень быстро — примерно за 90 лет. С этим, по-видимому, связано и отличие этих местонахождений по количеству захороненных животных: на Берелехе собрано и исследовано примерно 10 тыс. костей, принадлежащих как минимум 150 особям, а на Аччгыгый-Аллаихе — около тысячи костей примерно двух десятков животных. Между тем по возрастному составу они не отличались — в выборке преобладают кости детенышей и молодых небольших животных (возможно, самок), в незначительном количестве встречаются остатки новорожденных или еще не родившихся мамонтов, в единичном — пожилых животных. Кроме того берелехское скопление отличается большей примесью остатков других позднплейстоценовых млекопитающих (бизона, северного оленя и лошади) и наличием остатков с мягкими тканями.

Не вызывает сомнений, что причина образования кладбищ была одна. Незадолго до времени их формирования началось потепление, приведшее к увлажнению климата, что вызвало увеличение снежного покрова, ставшего причиной катастрофических весенних паводков, во время которых, возможно, и гибли животные, ослабшие за зиму из-за глубокого снега, затруднявшего кормление. Половозрастная структура «кладбищ», соответствующая типичной структуре стада-семьи современных слонов, может указывать на одномоментное захоронение стада мамонтов. Нельзя полностью исключить накопление в течение ряда сезонов остатков животных, имевших наименьшие шансы на выживание при катастрофах (молодняк, новорожденные, дряхлые животные). Пока не вполне понятно, как происходило компактное скопление остатков животных при катастрофическом паводке. Возможно, тела животных скапливались в старицах, где часто образуются водовороты и участки резкого перепада скорости потока перед препятствием. Такие места могли быть естественными ловушками погибших на переправе животных.

Тщательное изучение костей Аччгыгый-Аллаиховских мамонтов показало, что на них нет следов утилизации человеком. Не были найдены и новые археологические материалы. Это, на взгляд авторов, свидетельствует о том, что деятельность древнего человека не была причиной образования Аччгыгый-Аллаиховского «кладбища» (как и Берелехского).

Исследования проводились в рамках и на средства российско-американского археологического проекта «Жохов-2000».

Никольский П.А., Басилян А.Э., Сулержский Л.Д.
(Геологический институт РАН, Москва).

* * *

С помощью радиоуглеродного метода был определен возраст у более сотни ископаемых костных остатков мамонта, собранных на крайнем северо-востоке Сибири. После распределения полученных дат по шкале времени выяснилось, что изменения численности этих животных происходили синхронно во всех районах арктической Сибири с заведомо разной геологией и условиями захоронения (тафономией). Примечательно, что по распределению так называемые площадные массивы дат (т.е. дат, полученных при изучении коллекций костных остатков, собранных с большой площади и не привязанных к локальным местонахождениям, а потому лишенных влияния локальной тафономии и геологии, — п-ов Таймыр и Новосибирские о-ва без о.Ляховского) совпали между собой точнее, чем с каждым из точечных массивов (из локальных местонахождений, подверженных влиянию местной тафономии, — Ойогос-Яр, Быковский п-ов, о.Ляховский). Итак, были получены косвенные доказательства того, что выявленные колебания частоты дат отражают тенденцию изменения численности мамонтов. Оставалось понять природу этих колебаний. Возможно, численность мамонта регулировалась сочетанием различных значений температуры и влажности климата. Для проверки этого предположения распределение дат по шкале времени было сопоставлено с кривой изменений условий палеосреды. Такая кривая недавно получена исследовательской группой под руководством А.В.Шера по палеоэнтмологическим и палеоботаническим данным для финального плейстоцена Быковского п-ова (дельта р.Лены). Сравниваемые кривые совпали, что доказало связь колебаний численности мамонтов с изменениями условий палеосреды. Более того, удалось даже определить, какие именно сочетания значений температуры и влажности были благоприятны для мамонтов, а какие нет. Благоприятным было жаркое сухое лето при холодной малоснежной зиме. Неблагоприятным — прохладное сухое лето при экстремально холодной зиме. Критическим стало сочетание жаркого влажного лета с довольно холодной снежной зимой.

Таким образом, вымирание мамонтов в последних континентальных рефугиумах (Таймыр и север Новосибирских о-вов) произошло одновременно в самом начале голоцена. Причиной вымирания было быстрое и сильное потепление, сопровождавшееся относительным увлажнением. Зимы стали не столь холодными, но гораздо более снежными, а летние сезоны — жаркими, но значи-

тельно более влажными. Указанные условия привели к быстрому сокращению пригодных для нормального обитания мамонтов пространств. С юга наступила тайга, тундростепные ландшафты заместились тундровыми, взрывообразно распространился термокарст, приведший к заболачиванию и расчленению пастбищ. Увеличение снежного покрова затрудняло добывание корма и было причиной катастрофических паводков.

Никольский П.А., Сулержицкий Л.Д. (Геологический институт РАН, Москва).

* * *

Изучение взаимоотношения мамонта и человека в палеолите Сибири проводилось с помощью пространственного анализа датированных по радиоуглероду (^{14}C) местонахождений мамонта и стоянок древнего человека. На территории Сибири сосуществование мамонта и человека длилось в течение 30 тыс. лет (45—10 тыс. лет назад). В верхнем течении Енисея мамонт и человек в позднем палеолите жили на одной и той же территории как минимум 10 тыс. лет. Исчезновение мамонта началось около 12.5—12 тыс. лет назад на всей территории Сибири. Масштабы охоты человека на мамонта были весьма скромными; гораздо чаще люди собирали кости и бивни умерших животных, особенно вблизи от «мамонтовых кладбищ». Древний человек не играл существенной роли в процессе вымирания мамонта в Сибири.

Орлова Л.А., Деметьев В.Н. (Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск), **Кузьмин Я.В.** (Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток).

* * *

В районе сочленения Колымской низменности и склона Анюйского нагорья изучены мерзлые толщи трех ручьев, вскрытых до коренного ложа. В первом из них, протяженностью до 12 м, русло заполнено опесчаненными алевритами с ветвями кустарников и растительным детритом. В отложениях обнаружены фрагменты двух скелетов раннеплейстоценовых овцебыков, благородного оленя, бивни и кости конечностей мамонта, остатки не менее двух бизонов.

В отложениях русла второго ручья, представляющего собой овраг глубиной 7 м и протяженностью около 20 м, нижний илистый горизонт мощностью 1.0—2.5 м насыщен ветвями крупных кустарников. В верхнем горизонте обнаружены кости северных оленей и медведей, едомная толща позднеплейстоценового возраста содержит кости бизонов, лошади, хищника и фрагменты скелета мамонта, захороненного субвертикально. В основании разреза отложения вмещают остатки черепов овцебыков, крупных бизонов, оленей и лося.

В долинных отложениях наиболее крупного, третьего, водотока на изученном 600-метровом отрезке мерзлая толща имеет мощность от 5 м в верховьях и до 15—20 м в средней части. В составе ископаемой фауны ручья доминируют фрагменты скелетов мамонтов (разновозрастных особей) и бизонов, единичны остатки благородных оленей, носорогов и овцебыков. Костный материал нередко имеет свежий облик, частично сохранившуюся соединительную ткань и костный мозг, слабо затронутый разложением, следы погрызов. Рога черепов бизонов часто с роговыми чехлами.

Такое количество погибших особей с преобладанием определенного набора видов животных мамонтового комплекса, захоронение которых, судя по сохранности остатков, происходило довольно быстро, позволяет предположить их особую роль в экологии небольших водотоков.

Давыдов С.П. (Северо-восточная научная станция Тихоокеанского института географии ДВО РАН, Якутия).

* * *

До недавнего времени при работе с фрагментами ДНК, сохранившимися в ископаемых остатках вымершего шерстистого мамонта (*Mammuthus primigenius*), исследователям удавалось идентифицировать лишь небольшие участки нуклеотидной последовательности, да и те, как правило, относились к митохондриальной ДНК. В последние два года в изучении древней ДНК сделано несколько важных шагов, и в первую очередь были получены результаты расшифровки не только митохондриальной, но и ядерной ДНК мамонта. Произошло это благодаря использованию наряду с принятой методикой полимеразной цепной реакции (ПЦР) так называемой пиросеквенирующей, или метагеномной, технологии, позволяющей восстанавливать большие объемы генетической информации из коротких фрагментов древней ДНК*.

Из образцов костной ткани, отобранных из исключительно хорошо сохранившейся челюсти мамонта, обнаруженной на Таймыре (~73°с.ш.) и имеющей возраст 27.7 тыс. лет, выделили множество коротких (до 300 пар оснований) участков ДНК. С помощью новой технологии они были «сбраны» в единую цепь, состоящую из 28 млн пар оснований. Дальнейший анализ показал, что собственному геному мамонта соответствует только 13 млн пар оснований (45.43%) и все они идентичны геномной последовательности африканского слона (*Loxodonta africana*) — уровень сходства 98.55%. Эти данные говорят о близком родстве этих животных, дивергенция которых, по видимому, произошла примерно 5—6 млн лет назад.

* Poinar HN, Schwarz C, Qi J. et al. // Science. 2006. V.311. P.392—394.

Проведенная работа выявила как достоинства, так и недостатки новой высокопроизводительной технологии, особенно при использовании ее для оценки популяционной динамики и эволюционных расстояний в пределах исчезнувших или частично исчезнувших таксонов.

МакФи Р.Д.Е. (Американский музей естественной истории, Нью-Йорк), **Пойнар Х.Н.**, **Дебрюйн Р.**, **Шварц К.** (Центр изучения ДНК вымерших животных при Университете Мак-Мастера, Гамильтон, Канада), **Уэбб М.** (Центр сравнительной геномики и биоинформатики при Университете штата Пенсильвания, США), **Тихонов А.Н.** (Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург).

* * *

Первые результаты определения нуклеотидной последовательности древней ДНК шерстистого мамонта (*Mammuthus primigenius*) были опубликованы еще в 1994 г., однако проблема его филогенеза, и в частности филогенетической близости вымершего животного к ныне живущим слонам — индийскому (*Elephas maximus*) и африканскому (*Loxodonta africana*), так и не решена.

В последующие 11 лет исследования митохондриальной ДНК, точнее гена цитохрома *b* (*cyt b*), дали двусмысленные и ненадежные результаты. Более тщательное изучение разными авторами отдельных участков *cyt b* древней ДНК мамонта выявило, что один район этого гена имеет больше общих пар оснований с *cyt b* африканского слона, тогда как другой, напротив, имеет больше сходства с *cyt b* индийского слона, а третий район показывает скорее родство современных слонов между собой. Исследование всего гена *cyt b* не помогло остановиться ни на одной из версий. Причинами тому могли быть как недостаток материала подходящих групп исчезнувших хоботных и малый объем выборки (использовались фрагменты древней ДНК восьми особей мамонта), так и высокая изменчивость особей. Однако неясно, реальна ли эта изменчивость или вызвана деградацией ДНК и ошибками амплификации.

Полностью расшифровать митохондриальный геном мамонта удалось только в 2006 г., что позволило авторам предположить, что это вымершее животное находится в более близком родстве с индийским, а не африканским слонем*.

Йогер У. (Государственный природно-исторический музей Брауншвейга, Германия).

* * *

Сочетание генетического анализа остатков ископаемых животных с данными их AMS-радиоуглеродного датирования и географического поло-

жения местонахождений оказалось надежным подходом для описания динамики численности популяций и скорости исчезновения различных таксонов мегафауны плейстоцена.

Проведен анализ фрагментов ДНК ископаемых остатков, принадлежащих 80 особям шерстистого носорога (*Coelodonta antiquitatis*), у более половины из них определен еще и возраст. Судя по предварительным результатам исследования, 50 тыс. лет назад носорог был распространен во всей Евразии севернее 50°с.ш., 13–14,5 тыс. лет назад — в Европе и на территории современной Сибири, а 12,5 тыс. лет — только на северо-востоке Евразии. Кроме того, генетически «европейская» популяция шерстистого носорога, по-видимому, была обособлена, а вот «западносибирская», «центральносибирская» и «северо-восточная» во многом схожи, что свидетельствует о миграции животных. Однако окончательные выводы делать еще рано, для этого необходимы дальнейшие исследования.

Бинладен И., **Виллерслев Е.** (Университет Копенгагена, Дания), **Шер А.В.** (Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова РАН), **Стюарт Т.**, **Листер А.** (Лондонский университетский колледж, Великобритания), **Хоффрайтер М.** (Институт эволюционной антропологии им.Макса Планка, Германия), **Тихонов А.** (Зоологический институт РАН), **Шапиро Б.** (Оксфордский университет, Великобритания), **Ксулонг Л.** (Китайский геологический университет).

* * *

Бурый медведь (*Ursus arctos*) — один из символов лесной зоны Евразии и Северной Америки — обладает значительным географическим полиморфизмом. Описано 15 современных подвидов этого зверя (семь — в Евразии и восемь — в Северной Америке) и один вымерший в историческое время подвид, обитавший в Северной Африке, однако и этим не исчерпывается истинное таксономическое разнообразие бурого медведя.

Для выявления сходства и различий бурых медведей из популяций, занимающих отдельные части обширного ареала, была построена дендрограмма на основе промеров черепа (краниометрии) животных, а также суммированы современные представления о внутривидовой систематике, основанные на данных генетического анализа.

Дендрограмма показала существование двух групп медведей. В одну входят два подвида азиатских светлокоготных медведей (*U.a.isabellinus* и *U.a.syriacus*), во вторую — крайне своеобразный тибетский пищуход (*U.a.pruinosus*), выделенный в обособленную подгруппу, и все остальные подвиды медведей Евразии и Северной Америки. Последние, в свою очередь, образуют три подгруппы: дальневосточных (*U.a.beringianus* и *U.a.piscator*), медведей Кавказа (*U.a.meridionalis*) и северной Евразии, включая примыкающие к ним подвиды

* Krause J., Dear P.H., Pollack J.L. et al. // Nature. 2006. № 439. P.724–727.

о.Хоккайдо (*U.a.arctos*, *U.a.collaris* и *U.a.yesoensis*). Для Евразии известны еще три подвида: гобийский медведь (*U.a.gobiensis*) и морфологически сходные между собой медведи Средиземноморья (*U.a.pyrenaicus*, *U.a.marsicanus*).

Как видно, внутривидовая таксономия по данным краниометрии весьма не проста и отражает историю расселения бурого медведя. Положение еще более осложняется тем, что подвидовая система бурых медведей, построенная по морфологическим признакам, не во всем совпадает с классификацией, основанной на данных анализа митохондриальной ДНК. Так, например, генетически сходные медведи о.Кадьяк (*U.a.middendorffi*) и внутренней Аляски (*U.a.alaskensis*) существенно различаются морфологически, что и дало основание разделить их на подвиды.

Довольно разнообразен бурый медведь был и в прошлом, хотя из-за ограниченности имеющегося палеонтологического материала описано значительно меньшее число форм. Наиболее древние находки относятся к концу раннего плейстоцена, на севере Европы различают бурых медведей среднего плейстоцена (*U.a.kamiensis*) и позднего плейстоцена (*U.a.priscus*). Южнее известны мелкие медведи подвидов *U.a.prearctos* (средний плейстоцен) и *U.a.bour-guignati* (поздний плейстоцен).

В целом внутривидовое разнообразие бурого медведя связано с разными факторами. Прежде всего — с миграциями животных по периодически возникающим «мостам» и вселением на острова (как в случае Хоккайдо) и соседние материка («Берингов мост»), а также обособлением локальных популяций наступавшими ледниками, морфологическими адаптациями к особенностям природы на территории обитания конкретной популяции и др.

Барышников Г.Ф. (Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург).

* * *

Скованные вечной мерзлотой породы мощностью до полутора километров, где поддерживаются отрицательные (от -4°C до -10°C) температуры, — огромный природный криобанк, в котором хранятся остатки вымерших животных и растений, растительные семена и споры, почвенные микроорганизмы и выделенные ими ферменты. Степень сохранности этих объектов различна. Замороженные и мумифицированные остатки животных — бесценный материал для морфологических и анатомических исследований, однако в тканях животных, извлеченных из вечной мерзлоты, пока не найдено ни целых клеток, ни больших фрагментов ДНК.

Растения более приспособлены к неблагоприятным условиям среды: в их семенах остаются активными некоторые ферментные системы, одна-

ко еще никому не удавалось получить всходы ископаемых семян.

Лучше всего в вечной мерзлоте сохраняются почвенные бактерии родов *Artrobacter*, *Rhodococcus*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Aeromonas*, *Bacillus*, *Acinetobacter*, *Promicromonospora*, *Cytophaga*, *Micrococcus*, *Deinococcus*, *Nitrosospira*, *Nitrobacter*, *Rhodopseudomonas*. Они не теряют жизнеспособность до 3–4 млн лет — способны к росту и без особого труда выделяются на соответствующих питательных средах. Активность почвенных гидролитических и окислительно-восстановительных ферментов обнаруживается в вечномерзлых почвах, имеющих возраст от нескольких тысяч до миллиона лет.

Наиболее высокой ферментативной активностью обладают тундровые торфянисто-глеевые почвы. Верхний их горизонт обогащен инвертазой, а также фосфатазой, протеазой и уреазой, при этом окислительно-восстановительные ферменты (каталаза, дегидрогеназа и пероксидаза) проявляют низкую активность, а полифенолоксидаза вовсе не обнаруживается. В нижележащем минеральном горизонте ферментативная активность снижается, в частности фосфатазы — в 20 раз и каталазы — в 10 раз.

В едомах (крупных буграх до 50 м высотой с погребенными льдами в основании) на глубине 1 м высоко активны только инвертаза, фосфатаза и пероксидаза, слабо активны уреазы и аспарагиназа, а протеаза, каталаза и дегидрогеназа не обнаруживаются вовсе.

В погребенных почвенных горизонтах, которые находятся в мерзлом состоянии с периода сартанского оледенения (11–25 тыс. лет), на глубине 2–2.5 м активны почти все упомянутые ферменты, за исключением аспарагиназы, дегидрогеназы и полифенолоксидазы.

Авторам не удалось выявить четкую взаимосвязь между содержанием органического вещества и активностью ферментов в едомах и погребенных горизонтах. Способность ферментов сохраняться в вечномерзлых отложениях длительное время может быть обусловлена иммобилизацией биомолекул на поверхности органоминеральных коллоидов в почве. Вероятно, чем выше степень иммобилизации ферментов, тем лучше их сохранность во времени.

Щелчкова М.В. (Якутский государственный университет им.М.К.Амосова).

* * *

В Якутии, где сосредоточено до 70–80% ископаемых костных остатков мамонта России, их сбором для производства изделий художественно-прикладного и бытового назначения занимаются с XVIII в. Действующий федеральный закон «О недрах» нечетко регулирует добычу этого специфического вида полезных ископаемых, имею-

щего стабильный спрос на международном и российском рынке, особенно сейчас из-за запрета экспорта бивней современных слонов и изделий из них. Стало очевидно, что добыча ископаемых остатков, причем не только мамонта, но и других видов вымерших животных (мамонтной фауны) должно регулироваться специальным законом на уровне региона.

Первые нормативные акты начала 90-х годов минувшего столетия, основанные на государственной монополии и запретительных мерах, не принесли успеха. В 2002 г. в Государственном комитете по геологии и недропользованию Республики Саха (Якутия) разработан ряд нормативных актов, утвержденных президентом и Государственным собранием республики, что положило начало рыночному регулированию рационального пользования и охраны недр при добыче бивней мамонта. Результаты появились в тот же год, когда была учтена добыча более 15 т бивней мамонта, затем она стабилизировалась на уровне 20–30 т в зависимости от «урожайности» года и полноты отчета: в 2003 — 21.2 т, 2004 — 23.9 т, 2005 — 28.4 т, 2006 — 22.6 т.

16 июня 2005 г. Государственное собрание Республики Саха (Якутия) приняло закон «О регулировании пользования и распоряжения особым природным ресурсом — ископаемыми остатками мамонтной фауны».

Закон устанавливает:

— понятия «мамонтная фауна», «бивни мамонта», «другие остатки мамонтной фауны», «скелетные и трупные остатки» и т.д. Региональной особенностью настоящего закона является определение понятия «*путного сбора бивней мамонта и других ископаемых остатков мамонтной фауны*» — как вид пользования природными ресурсами в Республике Саха (Якутия), в том числе коренных малочисленных народов Севера, в процессе традиционной хозяйственной деятельности на земельных участках граждан и хозяйствующих субъектов в целях получения дополнительного дохода, направленный на защиту их исконных исторических прав, а также на ограничение неконтролируемого и неправомерного сбора бивней мамонта и других ископаемых остатков мамонтной фауны в труднодоступных местах арктических районов Республики Саха (статья 1), отделив его от добычи бивней мамонта в коммерческих целях, осуществляемых в промышленных масштабах;

— правовой статус ископаемых остатков мамонтной фауны в виде особого (специфическо-

го) природного ресурса, исходя из его свойств (п.2 статьи 2);

— правовой статус участков недр, содержащих ископаемые остатки мамонтной фауны в виде участков недр местного значения (п.3 статьи 2);

— полномочия органов государственной власти Республики Саха (Якутия) в области владения, пользования ископаемыми остатками мамонтной фауны и охраны мест их нахождения, распоряжения, по согласованию с уполномоченным органом управления фондом недр Российской Федерации, республиканским фондом недр, содержащих ископаемые остатки мамонтной фауны (участками недр местного значения), определение условий и порядка пользования участками недр, содержащих ископаемые остатки мамонтной фауны;

— полномочия органов местного самоуправления Республики Саха (Якутия) на уровне улусов (районов) в области пользования ископаемыми остатками мамонтной фауны и их охраны, распоряжения участками недр местного значения для путного сбора бивней мамонта и других ископаемых остатков мамонтной фауны.

Другие нормы законодательства устанавливают принципы и порядок государственного контроля, поддержки рационального пользования этим особым природным ресурсом, порядок взаимоотношений органов государственной власти, муниципальных образований и пользователей недр с учетом специфики ресурса и его использования.

Создание справедливого правового поля, в котором рыночные отношения и традиционное ведение хозяйства северян имеют равные возможности в сборе мамонтовых бивней на огромной территории, позволяет с минимальными затратами, с одной стороны, проводить максимальный сбор «выпавших» за год из недр бивней мамонта до их вторичного захоронения в современных отложениях или потери качества, с другой — планомерно развивать бизнес с перспективой развития на десятилетия в рамках республиканских программ; выходить на международный рынок через организуемые правительством Республики Саха (Якутия) международные аукционы и, соответственно, увеличивать доходность бизнеса, сокращать затраты на организацию сбора (добычи) бивней мамонта посредством создания приемных пунктов (факторий) в арктических улусах.

Ковалев Л.Н., Кириллин Н.Д. (Государственный комитет по геологии и недропользованию Республики Саха).

© Материалы подготовлены
О.И.Шутовой

Нефтяные углеводороды в океане

И.А.Немировская

Без углеводородных соединений современную жизнь представить себе практически невозможно. Это топливо, освещение, транспорт, но это и аварийные разливы, загубленные пляжи, уничтоженные птицы и животные. Проблема загрязнения морских сред не теряет своей актуальности на протяжении многих лет, даже несмотря на энергетические и экономические кризисы. Пока не прекратится транспортировка нефти по морю и подводным путепроводам, пока будет проводиться разработка морских нефтегазовых месторождений, аварии неизбежны (хотя их количество в последнее время значительно уменьшилось).

Для разработки мер по борьбе с загрязнением Мирового океана нефтепродуктами необходимо определить их источники, физико-химические и механические свойства, пространственное распространение и глубину проникновения. До сих пор не систематизированы результаты наблюдений за токсичностью загрязняющих веществ и длительностью их воздействия на физико-химические свойства морской воды.

Кроме того, необходимо учитывать, что распространение антропогенных углеводородов происходит на существующем в природе устойчивом биогеохимическом фоне. Напомним, что фитопланктон ежегодно синтезирует в океане 12 млн т углево-



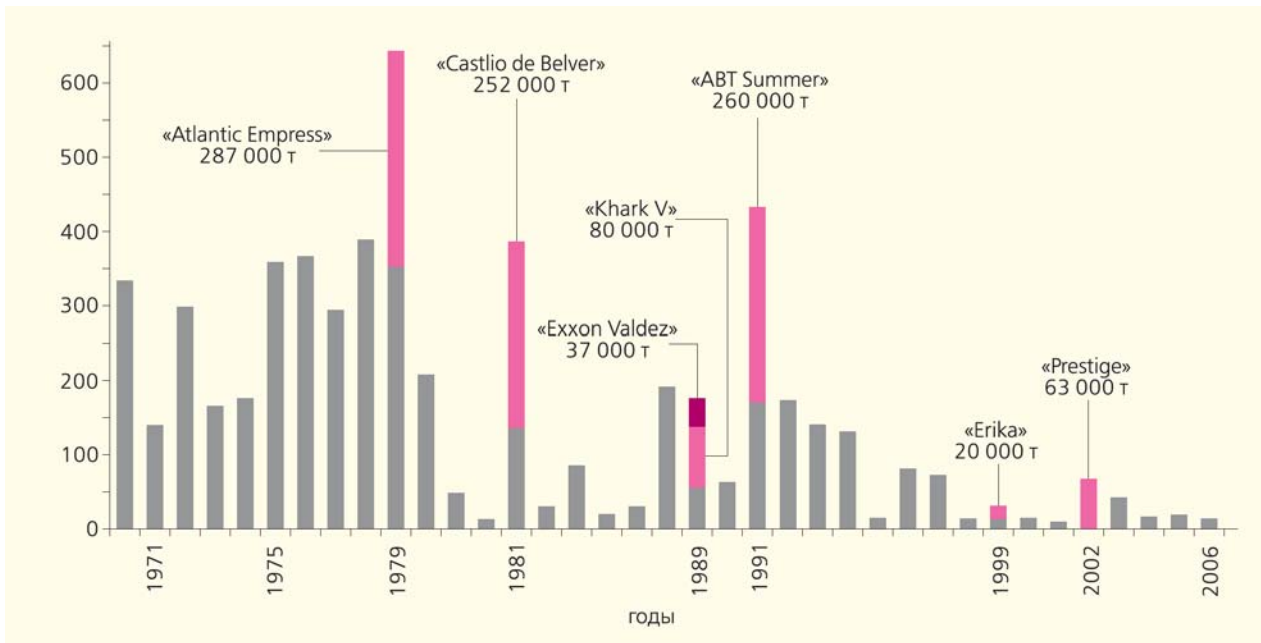
Ирина Абрамовна Немировская, доктор химических наук, заведующая аналитической лабораторией Института океанологии им.П.П.Ширшова РАН. Область научных интересов — нефтяные и природные углеводороды в океане.

дородов, а по последним данным Национального Исследовательского Совета США (NRS), количество антропогенных углеводородов, поступающих из всех источников, составляет 1.3 млн т в год, при возможном интервале от 0.47 до 8.4 млн т в год [1]. Без изучения фоновых углеводородных концентраций невозможно выделить их антропогенную составляющую. Если для ксенобиотиков, таких как пестициды, эти концентрации равны нулю, то для нефтяных углеводородов дело обстоит сложнее. При определении загрязненности ими морских вод необходимо знать их природные доантропогенные уровни. Особенно важны исследования геохимических барьерных зон, где наиболее интенсивно идут процессы рассеивания и концентрирования. Определение современного биогео-

логического фона и принципа разделения естественной и антропогенной составляющих становится важнейшей задачей как при мониторинговых исследованиях, так и при определении экологического состояния отдельных морских акваторий.

Миграционные формы нефтяных углеводородов

Нефть и нефтепродукты, попадающие в водную среду естественных водоемов, очень скоро перестают существовать как исходные субстраты. В море нефть находится в различных миграционных формах: поверхностных пленках (сликах); эмульсиях (типа «нефть в воде» и «вода в нефти»); нефтяных агрегатах и комочках; в растворенной форме; сорбированной взвесями и донными осадками; аккумулированной водными ор-



Количество загрязняющих веществ в океане. Цветом показаны нефть и нефтепродукты, поступившие с аварийными разливами [2].

ганизмами. Количественное соотношение этих форм нахождения нефти в море определяется множеством факторов и зависит как от состава и свойств самой нефти, так и условий ее поступления в водоем и его гидрологических особенностей.

Нефтяные слики — первоначальная форма, которая образуется при аварийных разливах и распаде нефтеводных эмульсий. Разливы — наиболее слож-

ные и динамичные явления распределения примесей в море. Для их количественного описания разработаны многочисленные методы и математические модели, но все они весьма условны. Каждый разлив по-своему уникален и неповторим из-за практически бесконечного набора природных и антропогенных факторов.

В первые часы существования пленок преобладают физи-

ко-химические процессы — испарение и растворение. Затем нефть начинает разлагаться под действием микроорганизмов. Наши исследования показали, что образование равномерных пленок определяется содержанием высокомолекулярных соединений (смола и асфальтенов), которые слабо трансформируются под воздействием внешних факторов [3]. При содержании асфальтенов более 1% нефть плохо растекается по морской поверхности.

Нефть, как и поверхностная вода, движется со скоростью, составляющей несколько процентов от скорости ветра. По приблизительным оценкам, скорость перемещения нефтяных пленок составляет 60% от скорости течения и 2–4% от скорости ветра. Так, под влиянием Канарского течения слики от северо-западного побережья Африки дрейфуют в западном направлении, уменьшаясь в размерах, и в восточных районах Атлантики они встречаются чаще, чем в западных.

На сегодняшний день площадь покрытия поверхности

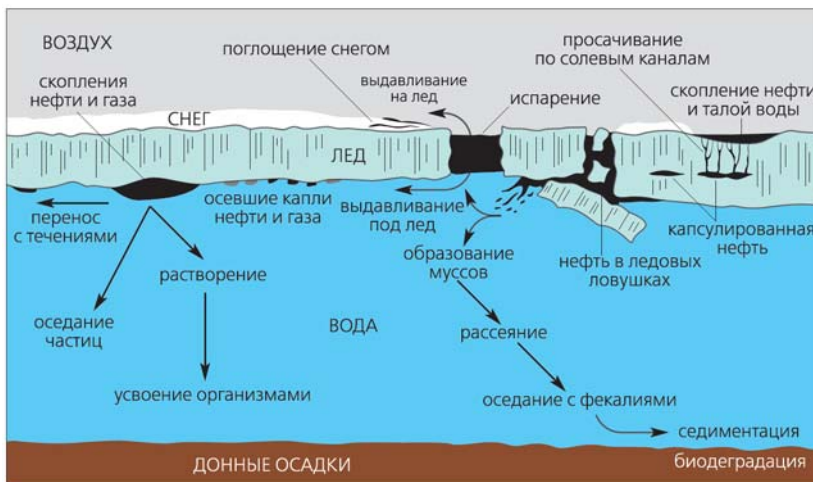


Схема распределения и миграции нефти в море.

океана пленками нефтепродуктов меньше частоты их обнаружения и в среднем не превышает 1%. Их распространение совпадает с трассами морского судоходства и особенно с маршрутами танкерных перевозок. Для Северной Атлантики количество нефтяных углеводородов в пленках оценивается в 38–46 тыс. т, а для северной части Тихого океана — около 7 тыс. т [2]. «Танкерная» нагрузка на Атлантический океан и его моря составляет 38% всех морских перевозок нефти, в то время как в Индийском и Тихом океанах — соответственно 34 и 28%.

При понижении температуры из нефти испаряется значительно меньше углеводородов. Если в условиях умеренного климата большинство легких углеводородов улетучивается через 1–3 дня, то в море Бофорта (Северный Ледовитый океан) при разливе нефти из танкера «Eхxon Valdez» за это же время испарилось лишь 20% от общего количества [4]. В отличие от разливов в районах с умеренным климатом, естественная очистка после выбросов нефти в Арктике может длиться не годы, а десятилетия.

Агрегаты — одна из самых распространенных форм нефтяного загрязнения. При перевозке в танкерах и длительном испарении вязкость нефти увеличивается настолько, что формируются смоляные комки или агрегаты. Такие образования, сорбируя взвешенные минеральные и органические частицы, постепенно уплотняются до весьма твердых комочков и шаров. При балластировке и очистке танков они попадают в море.

Суммарный вес нефтяных агрегатов на всей акватории Мирового океана составляет не менее 0.5 млн т [2]. Их содержание на морской поверхности в различных акваториях варьирует в широких пределах: от 0.001 до 2270 мг/м². К наиболее загрязненным районам относится Северная Атлантика между Гибралтаром и Азорскими о-вами. Мак-

симальные концентрации нефтяных агрегатов тяготеют к таким судоходным районам, как Саргассово и Средиземное моря. Однако в последние годы наметилось устойчивое уменьшение их концентраций в открытых водах Средиземного моря, где среднее содержание агрегатов составило 37 мг/м² в 1969 г., 9.7 мг/м² в 1974 г. и 1.2 мг/м² в 1987 г.

Индийский и Тихий океаны загрязнены в меньшей степени, мы не встречали смоляных комков и в водах, омывающих Антарктиду.

В Тихом океане присутствие нефтяных комков и агрегатов также связано с танкерными перевозками, но не в меньшей степени зависит от основных течений, которые переносят их далеко за пределы морских путей. В районе Курошио, Южно- и Восточно-Китайском морях их скопление обусловлено муссонными течениями. Причем в северо-западных и западных районах чаще встречаются свежие сгустки, а на юге и юго-востоке — выветренные. Нефтяные агрегаты выносятся из динамически активных зон и накапливаются в относительно спокойных. В стержневой полосе Гольфстрима, по нашим данным, их содержание значительно ниже (0.03 мг/м²), чем на периферии (11.6 мг/м²).

Распространение нефтяных агрегатов зависит и от донного рельефа. Они скапливаются на дне в трещинах песчаника, образуя вытянутые полосы, перемещаются придонными орбитальными волновыми движениями. Накопление смоляных агре-

гатов на глубинах от уреза воды до 6–7 м совпадает с зоной максимальной деформации волн.

Наиболее загрязнены морские берега заливов и бухт. Особенно это относится к внутренним морям с интенсивным судоходством и развитой прибрежной промышленностью. Нередко загрязнение пляжей связано не только с морскими перевозками, но и с добычей нефти и газа на морском шельфе или с природными поступлениями из донных осадков. В проливе Санта-Барбара (Калифорния) на участке протяженностью около 1.5 км ежедневно высачивается 10–15 т нефти. Здесь обнаружены полужидкие нефтяные комки и их прослойки в вертикальном разрезе донных осадков до 2 м.

В зоне пляжа на побережье Ливии встречаются участки, где на 1 м² приходится несколько десятков килограммов агрегатов. В восточной части Средиземного моря на побережье Израиля также установлен высокий уровень накопления нефтепродуктов — 3.5 кг/год комков на 1 м береговой линии. Принято, что при концентрации комков больше 100 г на погонный метр пляж не годится для рекреации (табл.1). Ежегодное поступление нефтепродуктов в Средиземное море оценивается в 880 тыс. т, из которых 180 тыс. составляют смоляные агрегаты на пляжах, а 9 тыс. — плавает в море [2].

Морские течения и атмосферная циркуляция обуславливают перемешивание и перемещение нефтепродуктов по всей акватории моря, что также приводит к загрязнению его шельфа

Таблица 1

Классификация побережья по загрязненности смоляными комками [3]

Концентрация, г/погонный метр	Загрязнение
0–1.0	незначительное
1–10	низкое, фоновое
10–100	среднее
>100	высокое, не годится для рекреационных задач

Таблица 2

Количество аварий в наиболее судоходных районах

Район	Количество аварий
Мексиканский залив	267
Прибрежные районы США	140
Средиземное море	127
Персидский залив	108
Прибрежные районы Японии	60
Балтийское море	52
Прибрежные районы Англии и Ла-Манш	49
Малайзия и Сингапур	39
Западное и северное побережья Франции	30

и берегов. Обследование побережий Азовского, Черного, Каспийского и Баренцева морей выявило их значительную загрязненность. Содержание нефтепродуктов в некоторых участках Каспия не только сопоставимо, но даже превышает их концентрацию в таком неблагоприятном регионе Мирового океана, как Средиземное море.

Особенно крупное единоразовое поступление нефтепродуктов происходит в прибрежных районах, где по статистике случается большинство аварий (табл.2). Наши исследования в 1982 г. после аварии танкера «Globe Assimi» (когда в Балтийское море вылилось более 16 тыс. т мазута) показали, что из-за многократных штормовых выбросов толща пляжных отложений приобрела вид пирога с прослойками мазута от 1–2 мм до 10–20 см. Меньше всего были загрязнены абразионные, сильно разрушаемые и умеренно размываемые участки. Там мазут встречался лишь в поверхностном слое пляжей (0–5 см, реже 0–10 см). Остальная его часть под влиянием вдольбереговых и ветровых течений переносилась севернее, на аккумулятивные участки и в зону активной волновой деятельности. Очистка побережья закончилась вывозом с пляжа песчано-мазутной смеси.

В ноябре 2007 г. произошла авария танкера в Керченском проливе. В море попало 2 тыс. т мазута. Собрали только 103 м³

мазутно-водяной смеси. Большая же часть мазута оказалась на берегу и опустилась на дно. И также единственным средством борьбы с ним стал вывоз с пляжей загрязненного песка. Даже через 25 лет не оказалось более эффективных средств борьбы с нефтяными разливами!

Нефтяные агрегаты, находящиеся в толще осадков, дольше сохраняют свою токсичность, нежели комки, формирующиеся в субаэральных условиях. При выходе к линии уреза воды в загрязненных нефтепродуктами осадках отмечается уменьшение численности рачков-бокоплавов. Прослойки, состоящие из смеси мазута и песка, при разрыхлении даже в течение года приводят к образованию слика на поверхности воды. Глубина захоронения остатков нефти определяется волновой энергией, конфигурацией берега и видом осадка. К участкам с обрывистыми берегами из-за волнового отражения нефть не может приблизиться, и побережье практически не загрязняется. Механическое дробление агрегатов не играет существенной роли в их деструкции. Как высоковязкие «гудроновые» агрегаты, так и комочки «шоколадного мусса» выдерживают сильные динамические нагрузки, возникающие при волнении моря. В течение долгого времени (иногда и более 10 лет) не наблюдается никакого другого механизма самоочистки морской среды, кроме выбрасыва-

ния части агрегатов на побережье. В Арктике через восемь лет после разлива нефти из танкера «Exxon Valdez» встречались нефтяные комки [5].

Устойчивость смоляных агрегатов необходимо учитывать при разработке средств, используемых для борьбы с последствиями нефтяных разливов. Нужно пытаться найти методы, преобразующие агрегаты и комки в миграционные формы, наименее вредные для водоемов и водных организмов.

Растворенные углеводороды. В районах с постоянными нефтяными поступлениями или после аварийных разливов одновременно с образованием пленок происходит и растворение углеводородов.

Большую часть нефтяных углеводородов составляют алканы (парафины), нафтеновые и ароматические соединения. Алканы содержат до 60 атомов углерода. Они сравнительно малотоксичны и легко поддаются биохимическому разложению. Ароматические соединения могут составлять до 10% от сырой нефти. В их состав входят летучие соединения (бензол, толуол, ксилол; нафталины и полициклические ароматические углеводороды), обладающие канцерогенными и мутагенными свойствами.

Растворимость углеводородов снижается с увеличением их молекулярного веса. Для алканов при 25°C она уменьшается от $1.3 \cdot 10^{-2}$ мг/л (для *n*-C₁₇) и до $7.57 \cdot 10^{-5}$ мг/л (для *n*-C₃₅). Растворимость полиаренов уменьшается на шесть порядков от фенантрена (три бензольных кольца) до бенз[а]пирена (пять бензольных колец). Низкомолекулярные ароматические соединения (особенно такие, как бензол, нафталин) могут довольно легко переходить в водную фазу (или испаряться) и впоследствии образовывать коллоиды.

Даже в прибрежных районах российских морей, наиболее подверженных загрязнению, концентрации растворенных углеводородов, превышающие

50 мкг/л (ПДК — предельно допустимая концентрация — для нефтяных алифатических углеводородов) встречаются довольно редко. В то же время в отдельных случаях, по данным Роскомгидромета, фиксировались значения >1000 мкг/л (Бухта Золотой Рог в Японском море; Таганрогский залив в Азовском море). Скорее всего, данные пробы отбирались непосредственно в портовых акваториях.

Распределение нефтяных углеводородов по акватории

Большое влияние на распределение углеводородов в водной толще оказывают гидродинамические условия района исследования. В частности, в Балтийском море — это приток соленых вод Северного моря и стратификация водной толщи. В зависимости от направления ветра и различий между соленостью и температурой воды концентрирование углеводородов происходит либо в поверхностном, либо в придонном слоях. Однако в периоды вспышек цветения планктона за счет первичной продукции, а в прибрежных районах за счет поступления терригенных компонентов их содержание существенно менялось.

Распределение углеводородов характеризуется большой пространственной неоднородностью, изменчивостью во времени и ярко выраженными сезонными вариациями концентраций.

Районы аварийных разливов. По мнению некоторых исследователей, при разливах более 1 тыс. т время существования нефтяных углеводородов под поверхностной пленкой не превышает нескольких часов. Однако после разлива мазута с танкера «Globe Assimi» в районе Клайпеды мы наблюдали высокое загрязнение толщи воды на протяжении нескольких недель. На

отдельных станциях содержание растворенных углеводородов достигало 1270—2310 мкг/л (при фоне 50—100 мкг/л). Лишь через 11 мес после аварии концентрации алифатических углеводородов в воде приблизились к доаварийному фоновому уровню. Наиболее высокое их содержание отмечалось в районах эксплуатации судов, т.е. происходило дальнейшее загрязнение данной акватории. Близкие результаты были получены в Северном море, где содержание углеводородов в районе разливов возрастало с 1.4—5.4 мкг/л до 100—4295 мкг/л. А разлив нефти в прибрежных водах Бразилии с теплым климатом ощущался всего три месяца.

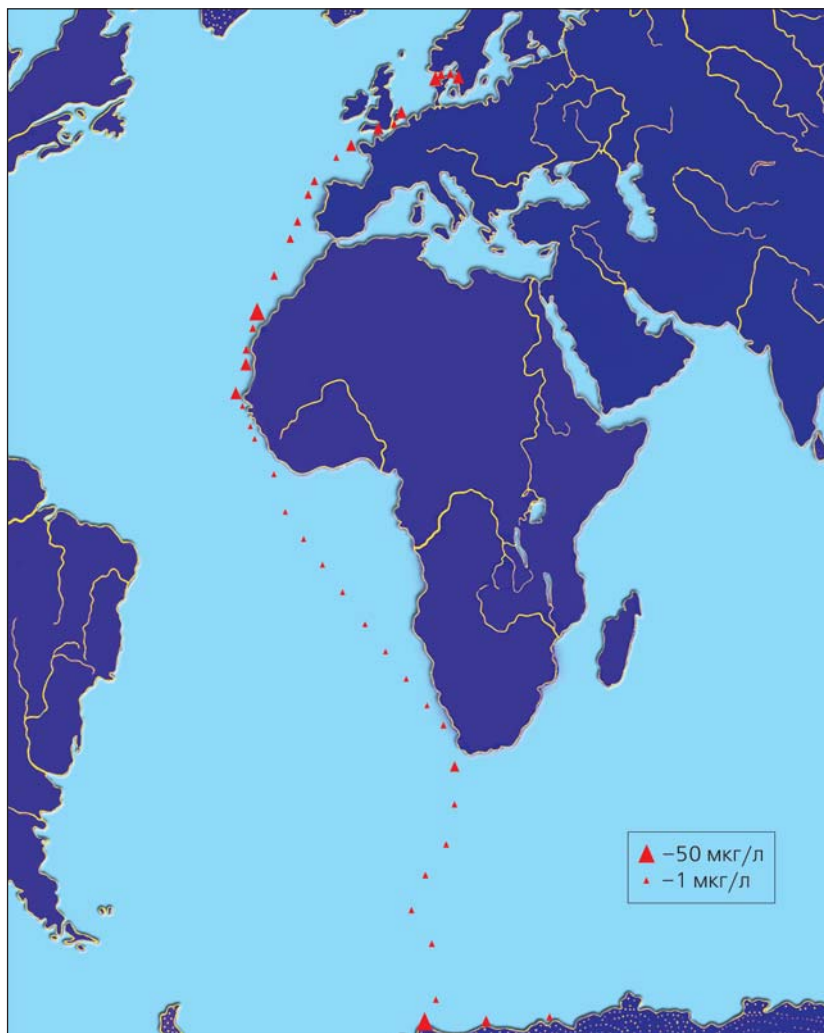
Фоновые акватории. Мы проводили исследования практически во всех районах Миро-

вого океана — от Арктики до Антарктики. Как правило, это были попутные работы, и пробы отбирались с поверхности по ходу движения судна. Полученные нами данные показали, что в открытых водах океанов (и даже морей) средние концентрации углеводородов довольно стабильны. В Атлантическом (за исключением Саргассова моря), Тихом и Индийском океанах концентрации алифатических углеводородов изменялись в сравнительно узком интервале: 6—13 мкг/л. По маршруту научно-экспедиционного судна «Академик Федоров» Северное море — Антарктида лишь на одной из 142 станций их содержание было выше 50 мкг/л. Самые низкие концентрации алифатических углеводородов установлены в Экваториальной Атлан-



Отбор проб поверхностной воды по ходу движения судна.

Фото автора



Содержание алифатических углеводородов в поверхностных водах на разрезе Северное море—Антарктида.

тике и в Южном океане (при движении судна от Кейптауна к Антарктиде): 4–6 мкг/л, т.е. в акваториях, наиболее удаленных от судоходных зон и человеческой деятельности. Однако и в районе Антарктиды уже не раз происходили аварийные разливы нефти. Появление туристических судов, обеспечение полярных исследовательских станций способствуют повышению уровня углеводородов в антарктических водах. Максимальная концентрация (41 мкг/л) у берегов Восточной Антарктиды оказалась в районе ледового барьера, где происходила разгрузка оборудования с «Академика Федорова» на станцию Но-

волазаревская. Кроме того, повышение содержания углеводородов в поверхностных водах как в Южном, так и в Северном Ледовитом океане фиксировалось в прикромочной полосе льдов [6]. Это обусловлено увеличением первичной продукции на границе вода—лед. Процесс фотосинтеза здесь возрастает настолько, что его можно назвать взрывным.

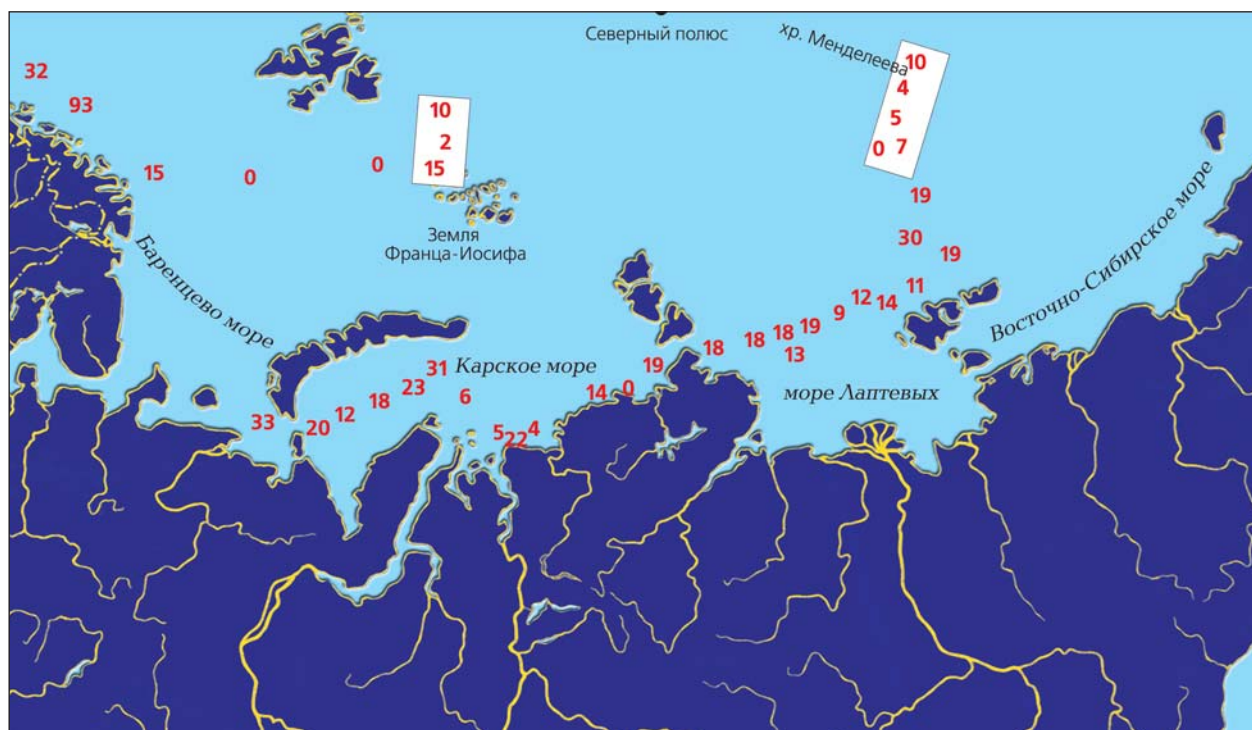
В поверхностных водах существуют зоны мелко- и крупномасштабных флуктуаций, превышающие фоновые значения более чем в пять-шесть раз. Это наблюдается во многих морских акваториях, включая как открытые океанские воды

(Саргассово море) и окраинные моря (Норвежское море), так и внутренние моря (Балтийское, Черное).

На разрезе Северное море — северная часть Баренцева моря на соседних станциях содержание углеводородов изменялось почти в три раза. Максимальная концентрация — 92 мкг/л — установлена не в районе нефтяных вышек (32 мкг/л), а в области скопления рыболовных судов в восточной части Норвежского моря, в акватории Скандинавского побережья (о.Вестеролен) на апвеллинге континентального склона (область поднятия глубинных вод). Среднее же содержание по всему разрезу — 24 мкг/л. В этом районе определена максимальная концентрация растворенного органического углерода — 3.27 мкгС/л, при средней — 2.28 мкгС/л.

Пограничные зоны. Еще В.И.Вернадский считал, что большая часть биогеохимической активности океана сосредоточена в пограничных зонах: между океаном и сушей, океаном и атмосферой, водой и дном; а за их пределами основная масса вод океана (около 2/3 его объема) в биогеохимическом отношении инертна. Значительные изменения свойств углеводородов происходят именно в пограничных зонах [3].

Содержание углеводородов в поверхностном микрослое (пограничной зоне вода—атмосфера, толщиной 200–300 мкм) значительно превышает их концентрации в поверхностных водах. Это обусловлено как структурными особенностями молекул воды, так и малой растворимостью гидрофобных углеводородов. Фактор обогащения углеводородами поверхностного микрослоя в отдельных случаях может достигать 20–30, а обычное его значение в морской воде не превышает 10–15. Содержание углеводородов в поверхностном микрослое зависит от перемешивания воды. При силе ветра более 3-х баллов оно резко падает. Поверхностный мик-



Распределение алифатических углеводородов в арктических районах. Числа — концентрации алифатических углеводородов; прямоугольниками показаны полигоны работ.

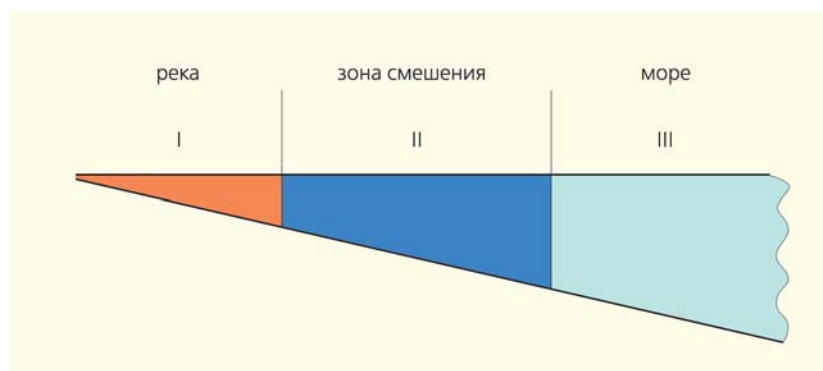
рослой образуется как в прибрежных, так и в открытых океанских водах. По маршруту Средиземное море (Марсель) — Красное море — Аденский залив — Индийский океан (о. Реюньон) при скорости ветра, не превышающей 5 м/с, он покрывал от 20 до 80% морской поверхности.

Но и релаксационные процессы проходят в этом слое быстрее, чем в поверхностных водах. Скорость разложения органических соединений здесь выше, чем в поверхностных водах. Свободный доступ кислорода, постоянный приток биогенных элементов, взвешенных и растворенных веществ, большая численность и разнообразие бактерий создают экологический фон, наиболее благоприятный для окисления органических соединений. Антропогенные углеводороды, попадающие в морскую воду, разрушаются микроорганизмами с максимальной скоростью именно в поверхностном микрослое.

Здесь же наиболее интенсивно происходит и их испарение.

Другой геохимический барьер, где происходит резкое изменение концентрации и состава углеводородов, — область смешения речных вод с морскими. А.П.Лисицын показал, что эта область (маргинальный фильтр) состоит из трех основных частей: гравитационной, физико-

химической и биологической [7]. В гравитационной зоне из-за подпруживания речных вод морскими происходит осаждение песчано-алевритовых фракций. Она характеризуется высокой мутностью вод и затрудненным фотосинтезом. В физико-химической зоне происходит захват коллоидов и растворенных соединений (флоккуляция



Принципиальная схема маргинального фильтра, которую удалось установить на примере изучения крупнейших рек мира [7]. Последовательно выделяются три зоны: I — гравитационная, II — физико-химическая (коагуляции и флокуляции), III — биологическая с просветлением воды.

и коагуляция). После осаждения различных соединений вода просветляется, развивается фитопланктон и возникает следующая — биологическая зона (ассимиляция и трансформация растворенных веществ).

По нашим данным, в области маргинального фильтра может осаждаться более 80% алифатических углеводов (табл.3). Наиболее подробно мы изучали содержание и состав углеводов в барьерной зоне Север-

ная Двина — Белое море. Характерная черта рек Арктики — повышенное содержание растворенных форм органических соединений и железа. Коричневые и бурые воды северных рек протекают по почвам тундры, богатых гумусом [7]. Северная Двина — не исключение. Она пересекает таежно-лесную, лесотундровую и тундровую зоны с подзолистыми и болотными почвами. Ее воды в устьевой области характеризуются высо-

ким содержанием растворенного органического углерода, в среднем до 20 мг/л. «Потери» углеводов в области маргинального фильтра минимальны (исключением был 2007 г., когда пробы отбирались во время прилива).

Состав углеводов в самой реке характеризовался повышенным содержанием нефтяных соединений и пирогенных полиаренов. Прибрежные районы Белого моря, особенно район Двинского залива и порт Архангельск, становятся местом перегрузки, переработки, транспортировки газоконденсата, нефти и нефтепродуктов. Грузоборот нефтеналивного флота вырос с 94 600 т в 1998 г. до 3 136 111 т в 2006 г. В гравитационной части маргинального фильтра происходит выпадение самых крупных частиц речной взвеси (песчаных и алевритовых), а вместе с ними высокомолекулярных терригенных углеводов, нефтяных соединений и высокомолекулярных полиаренов.

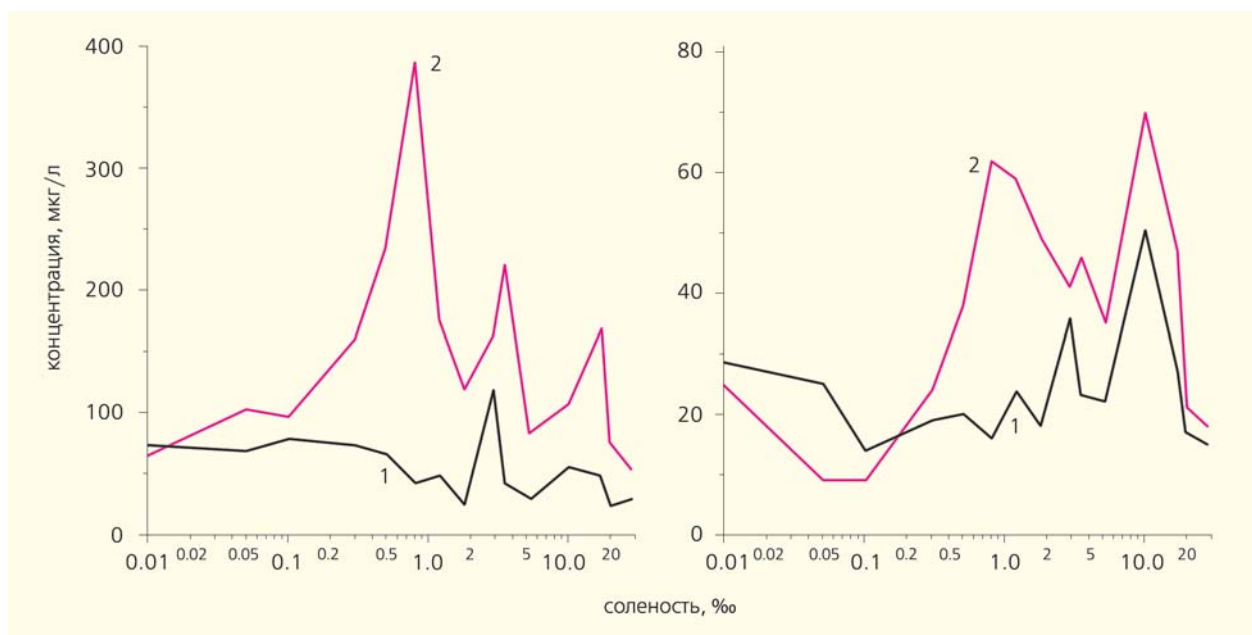
При смешении речных вод с морскими водами под воздействием электролита (морской воды) происходит переход растворенных форм во взвешенные (сорбция-десорбция, соосаждение и др.). Тонкая часть во взвеси рек обычно преобладает над всеми остальными фракциями, и в этой части фильтра углеводороды преимущественно содержатся во взвешенной форме. Образование огромного количества сорбентов приводит к накоплению в осадках терригенного вещества. Здесь обычно работают машины, очищающие фарватер от ила. После коллоидно-сорбционной стадии с многочисленными химическими и физико-химическими превращениями мутность воды снижается. Возникают световые условия для развития фитопланктона. Вновь увеличивается содержание углеводов во взвешенной форме, однако по составу это уже биогенные углеводороды.

Таблица 3

Потери алифатических углеводов в области маргинальных фильтров различных рек

Река	Место отбора	Форма	Потери, %
Сев. Двина	поверхность	растворенные	25
		взвешенные	0
	2003	растворенные	33
		взвешенные	14
		растворенные	24
2006	растворенные	15	
	взвешенные	67	
2007	растворенные	67	
	взвешенные	73	
Конго	поверхность	растворенные	68
Лимпопо	поверхность	растворенные	92
		взвешенные	65
Замбези	поверхность	растворенные	82
		взвешенные	68
Даугава	ПМС	растворенные	48
		взвешенные	88
		растворенные	80
Даугава	поверхность	растворенные	77
		взвешенные	80
		растворенные	47
Нева	ПМС	растворенные	20
		взвешенные	63
Неман	поверхность	растворенные	85
		растворенные	50
Амур	поверхность	растворенные	10
		взвешенные	75
Нарва	поверхность	растворенные	17
		взвешенные	80
		растворенные	17
Нарва	дно	растворенные	36
		взвешенные	84
		растворенные	80
Днепр	поверхность	взвешенные	84
		взвешенные	80
Днепр	дно	взвешенные	84
		взвешенные	80
Рона*	поверхность	растворенные	85
		взвешенные	76
		растворенные	95
Эбро*	поверхность	взвешенные	56
		взвешенные	25
Обь**	поверхность	взвешенные	25
Енисей**	поверхность	взвешенные	17

Примечание. * — данные по [8]; ** — по [9]; ПМС — поверхностный микрослой



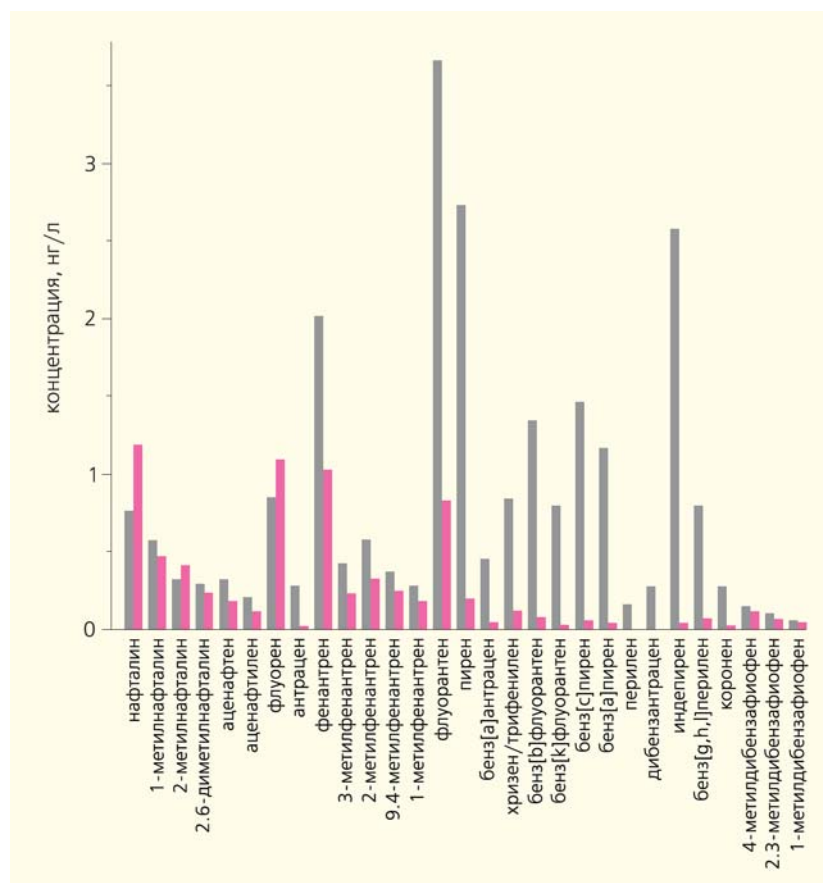
Изменение концентраций липидов (слева) и алифатических углеводородов (справа) в растворенной (1) и взвешенной (2) формах в области смешения вод Северной Двины с водами Белого моря.

Мы наблюдали изменение содержания и состава полиаренов в области маргинального фильтра в устье Эльбы. Уменьшение концентраций там произошло за счет высокомолекулярных пирогенных соединений, образующихся при сгорании топлива.

Таким образом, геохимический барьер река—море служит своеобразным фильтром, препятствующим поступлению в море антропогенных углеводородов, которые приносят реки. Подобное явление характерно также для устьевых областей Волги, Даугавы, Дуная и других рек, т.е. наблюдается вне зависимости от климатических зон.

Нефтяные углеводороды в донных осадках

Распределение углеводородов, так же как органического вещества, зависит от granulometric composition of sediments. Илистые отложения (особенно при доминировании фракции <0.1 мм) легко поглощают органические соединения, в том чис-



Изменение содержания полиаренов в маргинальном фильтре Эльбы. Цветом показана станция, расположенная после маргинального фильтра.

ле и загрязняющие вещества. Максимальными сорбционными способностями по отношению к нефтепродуктам обладают иллит и каолинит. Природный биогенный уровень алифатических углеводородов в илистых донных осадках обычно не превышает 50 мкг/л. При концентрациях же >100 мкг/г осадки считаются загрязненными. В области лавинной седиментации и местах массивированного поступления нефтепродуктов содержание углеводородов резко увеличивается, как в пересчете на сухой осадок (>1000 мкг/г), так и в составе органического вещества (>5%).

В районах с постоянным поступлением загрязняющих веществ расчет содержания миграционных форм алифатических углеводородов (в процентах к общему количеству) показал, что на глубинах до 10 м подавляющая часть углеводородов (>90%) содержится в верхнем слое донных осадков. Основная часть нефтепродуктов поступает в водоемы с промышленными и сточными водами в виде эмульсий, при разрушении которых легкие фракции всплывают на поверхность и испаряют-

ся, а тяжелые опускаются на дно. Наиболее интенсивно этот процесс происходит в проточных водоемах. В последние годы во многих программах мониторинга нефтяного загрязнения предпочтение отдается анализу донных осадков, а не воде, которая в большей степени отражает сезонные поступления загрязняющих веществ.

При авариях более 1000 т на небольших глубинах нефтепродукты довольно быстро достигают дна. В осадках умеренного климата последствия нефтяных разливов могут проследиваться более 9 мес. В арктических условиях нефть сохраняется значительно дольше. Даже через восемь лет после аварии «Eххон Valdez» в некоторых пробах осадков маркеры указывали на присутствие нефти из этого танкера [5].

Под действием химических и биохимических процессов происходит деградация углеводородов (особенно интенсивно в летнее время), приводящая к увеличению смолистых компонентов. Даже в районах с постоянным поступлением нефтепродуктов углеводороды в донных осадках имели нефтяной состав

лишь в зимне-весенний период. В августе 2006 г., по нашим данным, в устье Волги при концентрациях алифатических углеводородов 4557 мкг/г (62.65% от $C_{орг}$) маркеры указывали на доминирование биогенных соединений. Таким образом, состав углеводородов донных осадков не соответствует составу разлитой нефти, а отражает процессы сорбции и биотрансформации при седиментации.

Дисперсия концентраций полиаренов в донных осадках в районах с постоянным поступлением загрязняющих веществ настолько велика, что средняя величина сопоставима со стандартным отклонением. Распределение полиаренов, так же как и алифатических углеводородов, в таких акваториях не зависело от гранулометрического типа осадков, и в грубодисперсных отложениях их концентрации зачастую были выше, чем в илистых. Осадки относятся к слабо загрязненным при содержании суммы кольчатых полиаренов <100 нг/г. В районах с постоянным поступлением загрязняющих веществ их концентрации в донных осадках обычно превышают 1000 нг/г. При величинах более 4000 нг/г осадки становятся токсичными. Перераспределение индивидуальных полиаренов в толще воды способствует аккумуляции в осадках высокомолекулярных, наиболее токсичных углеводородов, таких как бенз[а]пирен. Основная его часть благодаря малой растворимости сорбируется взвешенными частицами, которые и переносят его в донные осадки. Использование молекулярных маркеров позволило установить, что в отдельных районах с постоянными поступлениями загрязняющих веществ основные источники полиаренов — продукты, образующиеся при сжигании топлива, и нефтяные продукты, поступающие при аварийных разливах и промывке танкеров. Отсутствие связи между содержанием в осадках алифатических углеводоро-

Баланс алифатических углеводородов в океане

Суша (10^{12} г/год)

речной сток: растворенные 0.97
взвешенные 1.18
Σ 2.15

эоловый поток 1.15

ледовый сток: растворенные 0.02
взвешенные 0.88
Σ 0.90

общая Σ 4.20

↓

Океан (10^{12} г)

фитопланктон 12

зоопланктон 1.2

растворенные 5

взвешенные 2

нефтяные 1

Распад в толще воды $11.76 \cdot 10^{12}$ г/год (98% от первичной продукции)

Поступление на дно $0.24 \cdot 10^{12}$ г/год (2% от первичной продукции)

Захоронение в донных осадках

на ложе океана 0.009 г/год

на континентальной окраине 0.94 г/год

дов и полиаренов свидетельствует о различных источниках, формирующих уровни этих углеводородных классов.

* * *

Суммируя приведенные данные, можно заключить, что многообразие источников нефтепродуктов не всегда позволяет однозначно трактовать генезис углеводородов, обнаруженных в различных морских объектах. Нефтяные углеводороды, попадающие в океан антропогенным путем, трансформируясь, становятся близкими по составу природным углеводородам, которые постоянно существуют в океане и образуются при естественных биогеохимических процессах. Однако биогенные углеводороды медленно синтезируются на огромных площадях, и скорость их образования соответствует скорости утилизации. Из-за сбалансированности этого процесса такие углеводороды не только не оказывают вредного воздействия на морскую среду, а наоборот, поддерживают ее стабильность.

Антропогенные углеводороды поступают в короткий период времени в определенные районы, что неизбежно приводит к негативным экологическим последствиям. Особенно опасны нефтяные разливы в арктических



Экстракция углеводородов в лаборатории на борту судна.

ких морях и при наличии снежно-ледяного покрова.

Используя данные по содержанию алифатических углеводородов в различных миграционных формах, мы попытались оценить величины их потоков и массу в океане. Балансовые расчеты проводились на основе среднего содержания алифатических углеводородов в различных морских объектах и в составе органического вещества с учетом массы органического углерода в океане [10]. При ежегодном поступлении нефтяных алифатических угле-

водородов с суши (прибрежная продукция, реки, атмосфера и др.) — $1.4 \cdot 10^{12}$ г — и от морских источников — $0.6 \cdot 10^{12}$ г — их поток составляет соответственно 33 и 4.2%. Если в целом для океана в общем балансе нефтяные углеводороды пока не играют существенной роли, то в прибрежно-эстуарных зонах их поток соизмерим с речным стоком. Основная масса антропогенных углеводородов концентрируется в донных осадках в области маргинальных фильтров и не попадает в открытые морские воды. ■

Литература

1. Oil in the sea III: Inputs, fates and effects. Report 2002 by the National Research Council (NRS). Washington, 2002.
2. ИТОПФ (International Tanker Owners Pollution Federation Limited) 2007/2008. Handbook 2007/2008.
3. Немировская И.А. Углеводороды в океане: снег—лед—вода—взвесь—донные осадки. М., 2004.
4. Owens E.D., Mayseth Martin C.A., Lamarche A., Brown J. // Mar. Pollut. Bull. 2002. V.44. P.770—780.
5. Page D.S., Boehm P.D., Douglas G.S. et al. // Mar. Pollut. Bull. 1999. V.38. №4. P.247—260.
6. Немировская И.А. Углеводороды снежно-ледяного покрова высокоширотных акваторий // Природа. 2003. №2. С.62—71.
7. Лисицын А.П. // Геология и геофизика. 2004. Т.45. №1. С.15—48.
8. Dai M., Martin J.M., Cauved G. // Mar. Chem. 1995. V.51. P.159—175.
9. Ferandes M.B., Sicre M.A. // Organic Geochemistry. 2000. V.31. P.363—374.
10. Романкевич Е.А., Ветров А.А. // Геохимия. 1997. №9. С.945—952.

Атраны — молекулярные бутоны

Имей всегда в своей библиотеке новую книгу, в погребе — полную бутылку, в саду — свежий цветок.

Эпикур

Д.А.Леменовский, Г.С.Зайцева, С.С.Карлов

В истории химии известны случаи, когда появление одного нового соединения приводило к созданию большого класса подобных веществ. Наиболее яркие примеры последних десятилетий — ферроцен, карборан и фуллерен, каждое из которых открыло по существу новую главу в химической науке. На этом фоне атраны занимают более скромное, но тоже весьма достойное место.

Молекула атрана представляет собой каркасную конструкцию из трех ветвей, концы которых сходятся в двух трехлучевых узлах (рис.1), что несколько напоминает трехлепестковый бутон. Наиболее интересная деталь такой конструкции — смещение узлового атома азота из плоскости окружающих его трех атомов углерода по направлению к элементу (Э), который находится в другом узле. Это результат так называемой трансаннулярной (с англ. transannular — сквозная кольцевая) связи. Сразу отметим, что атраны — элементоорганические соединения. Аналоги атрана с углеродом, противостоящим атому азота (Э = C), не получены, но современные методы квантовой химии позволяют «увидеть», как будет выглядеть гипотетическая молекула. Расчеты показали, что в углеродном аналоге атрана трансаннулярная связь не возникает и атом азота не смещен внутрь каркаса (см. рис.1).

© Леменовский Д.А., Зайцева Г.С., Карлов С.С., 2008

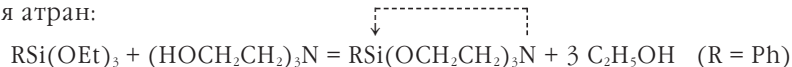


Дмитрий Анатольевич Леменовский (справа), доктор химических наук, профессор химического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова, заведующий лабораторией координационных металлоорганических соединений. Круг научных интересов: химия органических и металлоорганических соединений, металлокомплексный катализ, супрамолекулярная химия, квантово-химические расчеты.

Галина Степановна Зайцева, кандидат химических наук, доцент кафедры органической химии. Занимается химией органических и металлоорганических соединений, физико-химическими методами исследования.

Сергей Сергеевич Карлов, доктор химических наук, старший научный сотрудник той же лаборатории. Научные интересы связаны с химией органических и металлоорганических соединений, квантово-химическими расчетами.

Исторически сложилось так, что первый атран был получен в 1961 г. с участием атома кремния (Э = Si). При переэтерификации органотриэтоксисилана триэтаноламином в одну стадию образуется атран:



Все атраны с кремнием по предложению М.Г.Воронкова стали именовать силатранами. Они сразу привлекли внимание многих химиков, поскольку были одними из первых соединений пентакоординированного кремния. К настоящему времени получено не-

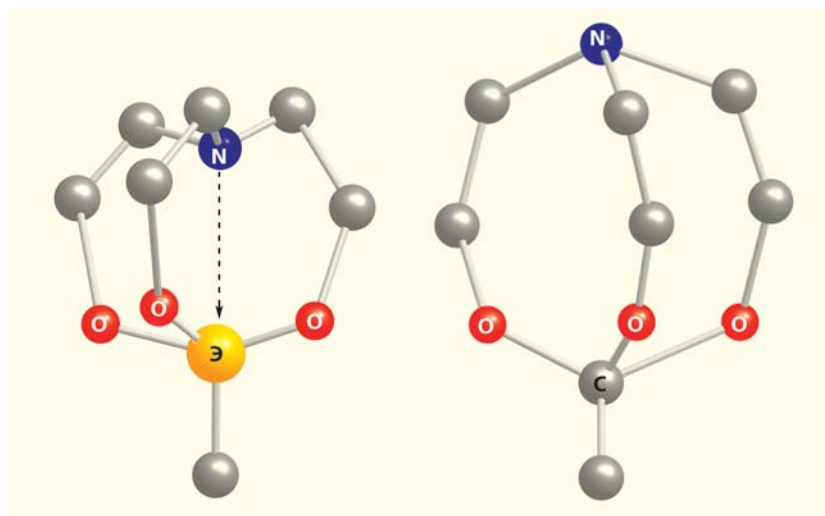


Рис.1. Атран (слева) и его углеродный аналог. Э — элемент, связанный с азотом трансаннулярной связью (пунктирная стрелка).

сколько сотен подобных соединений, в которых варьируются природа органической группы R, связанной с кремнием, а также заместители у атомов углерода, образующих соединительные ветви [1]. Дополнительный интерес к химии силатранов был вызван тем, что они оказались биологически активными [2], например, промышленный препарат «Мивал» стимулирует рост волос.

Казалась вполне естественной мысль, что если кремний, весьма неохотно образующий координационные связи, способен формировать атраны, то элементы с более выраженными металлическими свойствами должны образовывать атраны гораздо легче. Наиболее интересен с нашей точки зрения германий, занимающий промежуточное положение между металлами и неметаллами. И мы занялись герматранами — соединениями, содержащими германий вместо кремния. Прежде всего предстояло изучить возможность синтеза и исследовать свойства новых атранов. После этого можно было бы сопоставить их с изученными силатранами и оценить, как влияют разные элементы во втором узле атранов на их структуру.

Синтез и превращения

Использовать способ получения силатранов применительно к герматранам оказалось нецелесообразным: исходные алкоксигерманы крайне чувствительны к гидролизу, кроме того, жесткие условия синтеза и, как следствие, протекающие побочные реакции заметно снижают выход целевых соединений. Поэтому мы применили иной ме-

тод синтеза: в качестве исходных соединений выбрали тригалогенгерманы $\text{Hal}_3\text{Ge}-\text{R}$, которые подвергли взаимодействию с триалкилстанниловыми эфирами триалканоламинов (т.е. группу OH в триалканоламинах заменили группой OSnAlk_3). Этот метод оказался почти универсальным: удавалось получить (с высоким выходом) большой набор разнообразных герматранов, содержащих в составе группы R ароматические, триметилсилильные, сложноэфирные и другие группы (рис.2,а).

Разработанная методика была столь деликатной, что позволила достичь весьма эффективного результата — синтезировать один из диастереомеров флуоренилзамещенного герматрана, содержащего три метильные группы, ориентированные определенным образом относительно оси N—Ge (рис.2,б). Такой синтез металлатранов удалось осуществить впервые.

Последующие химические превращения соединений, полученных по нашей методике, дали нам возможность расширить круг изучаемых герматранов.

Атрановый каркас заметно изменяет свойства связей, входящих в его состав. Например, свя-

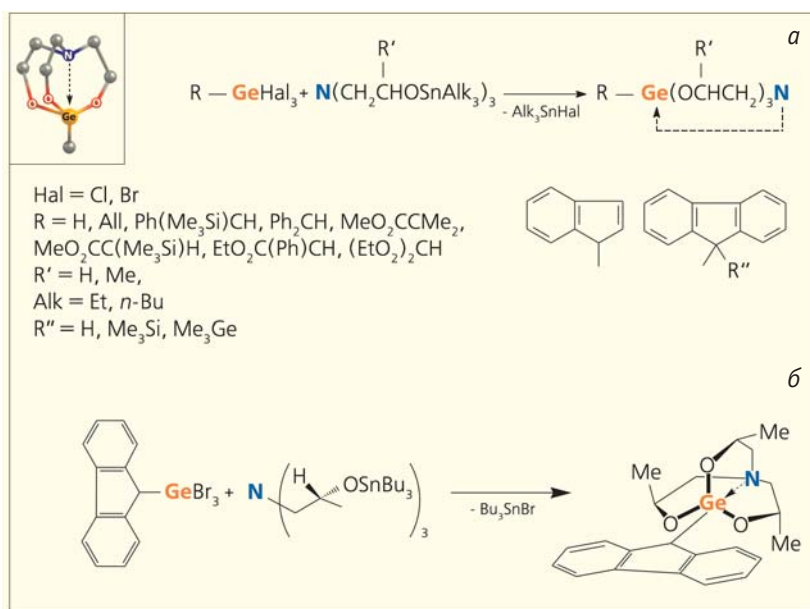


Рис.2. Оловоорганический метод синтеза герматранов.

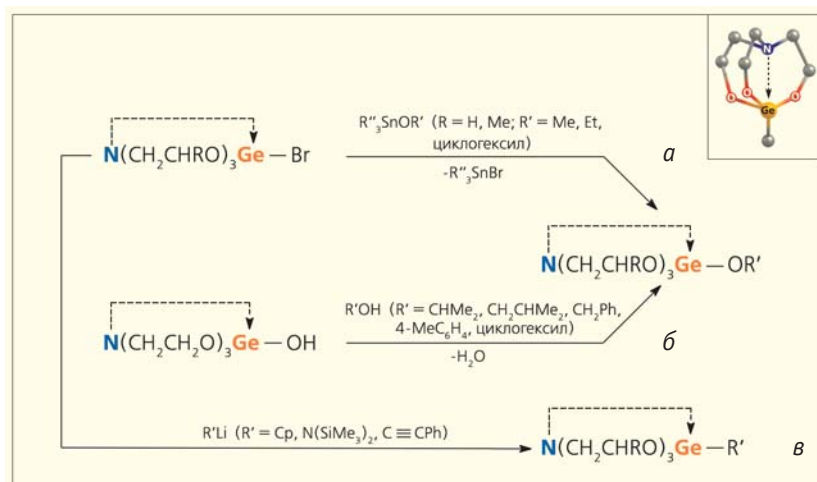


Рис.3. Синтезы на основе герматранов.

зи Ge—O—C (так же как и Si—O—C) более устойчивы к гидролизу, чем те же связи в ближайших аналогах — алкоксипроизводных $\text{RGe}(\text{OR}')_3$ и $\text{RSi}(\text{OR}')_3$. Свойства атома азота в атранах также явно отличаются от тех, которые мы наблюдаем в обычных третичных аминах. Вовлеченный в трансаннулярную связь, этот атом становится

инертным к действию электрофильных соединений, например не образует тетрааммонийных солей типа $\equiv\text{NR}^+\text{Hal}^-$.

В связи с этим нас интересовали прежде всего превращения герматранов, протекающие с сохранением каркаса. Группировка Hal—Ge в них гораздо инертнее, чем в органогалогенгерманах $\text{R}_n\text{GeHal}_{4-n}$, тем не ме-

нее при действии триалкокси-станныанов ее удастся перевести в группировку Ge—OR (рис.3,*a*). Как выяснилось в наших исследованиях, а также в исследованиях наших коллег [1], удобнее для таких синтезов гидроксигерматран. Его конденсация со спиртами, фенолами и другими соединениями с HO-группой оказалась практичным препаративным методом синтеза различных герматранов, содержащих Ge—OR (рис.3,*b*). Достоинства бромгерматрана проявились в ином: на его основе удалось получить различные функциональнозамещенные герматраны путем превращения группировки Ge—Br в Ge—R с помощью литийорганических синтезов (рис.3,*в*).

Впрочем, литийорганический синтез нельзя назвать универсальным. Сохранить каркас удастся только при использовании некоторых реагентов (см. рис.3,*в*). Если в качестве литийорганического соединения применить, например, *n*-BuLi (сильный нуклеофильный реагент), то алкилируется не только связь Ge—Br, но и Ge—O, при этом атрановый каркас разрушается и образуется Bu_4Ge .

Основное внимание мы сосредоточили на флуоренилзамещенных герматранах. Именно они оказались наиболее перспективными для дальнейших возможных превращений, поскольку содержат несколько реакционных центров: подвижный атом водорода флуоренильной группы, ароматические кольца и связь Ge—C (рис.4). Нам удалось осуществить превращения, затрагивающие «персонально» каждый из этих центров: бромирование (рис.4,*a*) и станилирование (рис.4,*б*) флуоренильной группы, образование хромтрикарбонильного комплекса с ароматическим ядром (рис.4,*в*) и разрыв связи Ge—C (рис.4,*г*), сопровождающийся удалением флуоренильной группы. Все эти превращения примечательны тем, что сохраняют атрановый каркас.

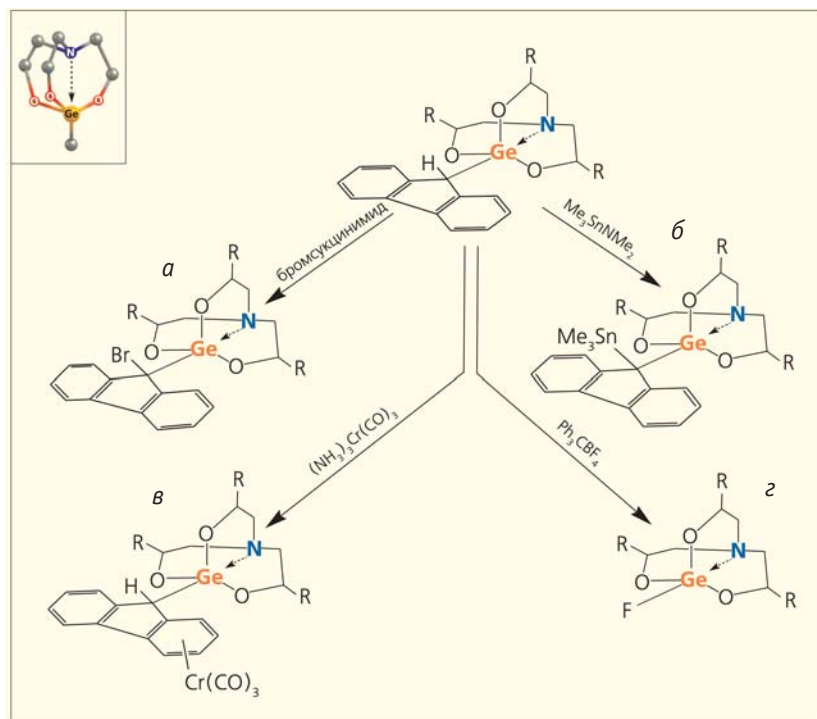


Рис.4. Превращения флуоренилзамещенного герматрана.

Через замену к закономерностям

Атранивый каркас, как мы установили, допускает определенные изменения в составе трех соединяющих ветвей. Например, в нем можно заменить атомы кислорода атомами азота. Подобные соединения — азагерматраны — были синтезированы принципиально иным методом, нежели тот, который мы разработали для получения герматранов: использовали реакцию переаминирования. Таким способом мы сумели получить азагерматраны, содержащие разные заместители как у N, так и у Ge (рис.5,а).

Азагерматраны, содержащие группы NH в соединительных ветвях, интересны тем, что в отличие от обычных герматранов (с атомами кислорода) содержат реакционный центр — атом N в группе NH. Это позволяет проводить химическую модификацию заранее сформированного каркаса. Так, в процессе стanniлирования азагерматранов (фактически это тоже переаминирование) удается постепенно замещать атомы водорода вначале в одной, далее в двух и затем в трех соединительных ветвях (рис.5,б).

Когда мы изучили структуры полученных герматранов и азагерматранов, выяснились некоторые интересные закономерности.

В процессе анализа структуры полученных соединений наше внимание привлекла разная степень трансформации сквозной связи N→Ge при изменении строения герматранов. Результаты рентгеноструктурных исследований для набора имевшихся в нашем распоряжении герматранов и азагерматранов мы сопоставили с квантовохимическими расчетами. Вполне естественно, что сравнили также герматраны с силатранами. Оказалось, что трансаннулярная связь N→Э (Э = Ge, Si) «чувствует» природу внекаркасной группы R, связанной с германи-

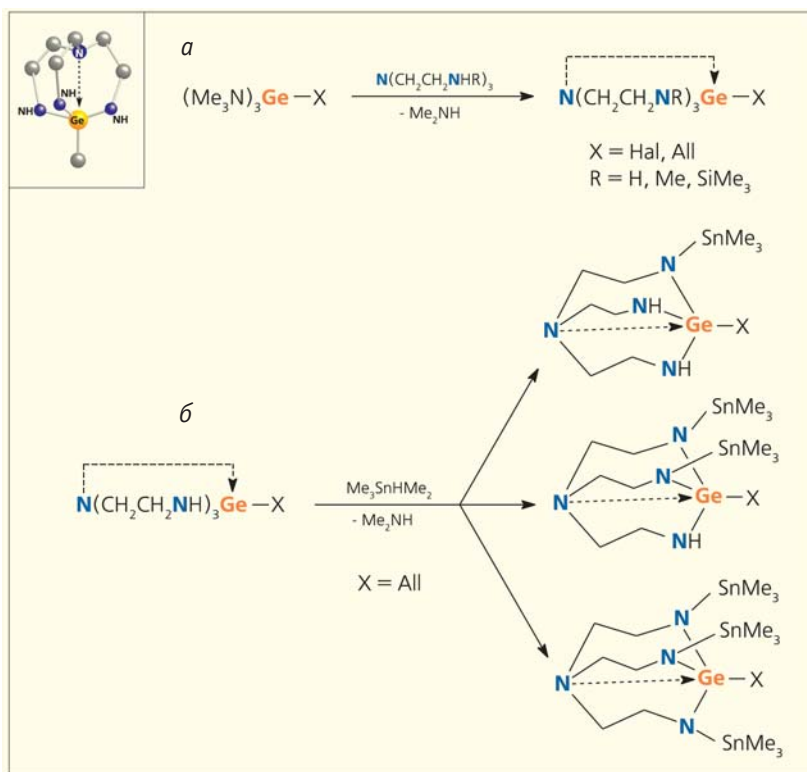


Рис.5. Синтез и превращения азагерматранов.

ем (или кремнием). При увеличении электроотрицательности заместителя R в направлении Me<N<OH<F эта связь укорачивается: атом Э постепенно приближается к плоскости, образованной тремя окружающими его атомами кислорода. Иными словами, связь сокращается, «подтягивая» Э к центру каркаса. Об-

разно говоря, бутон сжимается вдоль вертикальной оси (рис.6).

В азаатранах (атомы кислорода в каркасе заменены азотом) указанные закономерности полностью сохраняются, отличие лишь в том, что у них длина трансаннулярной связи N→Э во всех случаях несколько больше.

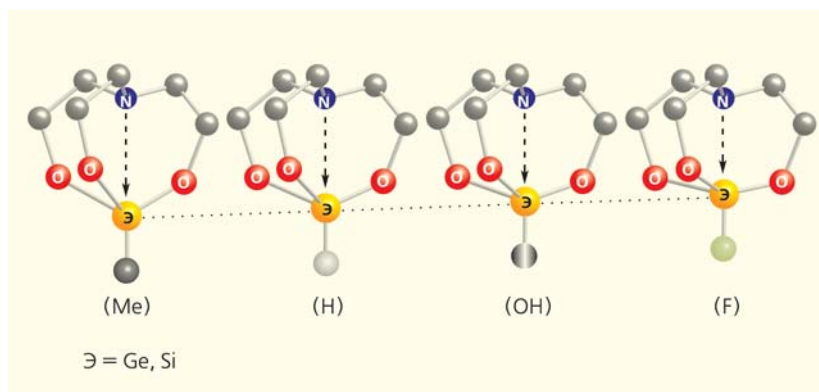


Рис.6. Влияние замещающей группы на параметры трансаннулярной связи N→Э. Пунктирной линией отмечено смещение элемента (Э), связанного с азотом.

Таким образом, лабильная связь $N \rightarrow \text{Э}$ представляет собой чувствительный индикатор, реагирующий на изменение природы группы R. Примечательно, что происходящие изменения связи $N \rightarrow \text{Э}$ в силатранах выражены заметнее, чем в герматранах, т.е. уменьшение металлических свойств противостоящего азоту элемента приводит к повышению чувствительности этого индикатора.

Электроны, орбитали и связь

Интенсивное развитие химии силатранов привело к тому, что природа трансаннулярной связи оказалась в центре внимания многих химиков. Представления об этой связи не раз менялись. В свое время Л.Полинг предложил концепцию, в соответствии с которой вакантные d -орбитали кремния, фосфора и серы способны участвовать в образовании донорно-акцепторных связей. В 60-е годы 20-го столетия эта идея была необычайно популярна, и потому, что вполне естественно, ее использовали также для объяснения природы

трансаннулярной связи. В соответствии с этими представлениями, неподеленная пара p -электронов азота поступает на вакантную $3d$ -орбиталь кремния, в итоге атом пентакоординированного кремния переходит в состояние sp^3d -гибридизации (рис.7,а).

Позже от этой концепции полностью отказались. По расчетным данным, d -орбитали кремния энергетически крайне невыгодны для p -электронов (энергия этих $3d$ -орбиталей превышает энергию валентных орбиталей примерно на 10 эВ). Гораздо выгоднее были бы $4s$ -орбитали, так как их энергия ниже, к тому же они менее диффузны, чем $3d$ -орбитали. Впрочем, оказалось, что для образования трансаннулярной связи могут и не потребоваться орбитали третьего и четвертого энергетического уровня.

Возникло иное объяснение — так называемая модель гипервалентных связей. В соответствии с ней, атом кремния связан с тремя атомами кислорода посредством трех sp^2 -гибридизованных орбиталей. Оставшаяся p_z -орбиталь кремния перекрывается с $2p$ -орбиталью азота, содержащей неподелен-

ную электронную пару, и одновременно с $2p$ -орбиталью внекаркасного заместителя R у кремния, на которой содержится валентный электрон (рис.7,б).

Эта модель может вызвать некоторое недоумение: на $3p_z$ -орбитали кремния находятся четыре электрона, в то время как их должно быть не больше двух. Дело в том, что в молекуле существуют не атомные, а молекулярные орбитали, образовавшиеся в результате перекрывания атомных орбиталей. При переходе к молекулярным орбиталам все проясняется. В полном согласии с правилами квантовой химии, из трех атомных орбиталей образуется три молекулярных орбитали, которые, в соответствии с расчетом, различаются по энергии: две связывающих и одна незанятая разрыхляющая. На двух связывающих орбиталях размещаются четыре электрона (два электрона от связи R—Si и два электрона от N). В результате возникает четырехэлектронная трехцентровая связь R—Si—N, называемая гипервалентной. Итак, удалось дать стройное объяснение, не привлекая вакантные $3d$ -орбитали кремния.

Рассмотренная схема весьма наглядна, но все же она несколько упрощена. Структурные исследования полученных нами соединений в сочетании с квантовохимическими расчетами герматранов и силатранов позволили усовершенствовать существующую модель гипервалентной связи в атранах. Обобщенный анализ структурных параметров герматранов и силатранов привел к мысли, что при рассмотрении свойств связи $N \rightarrow \text{Ge}(\text{Si})$ следует принимать во внимание влияние атомов кислорода, входящих в структуру каркаса.

Мы провели расчеты с учетом p -орбитали этих атомов. В результате оказалось, что в системе участвует 10 электронов (рис.7,в) и девять атомных орбиталей: четыре дает крем-

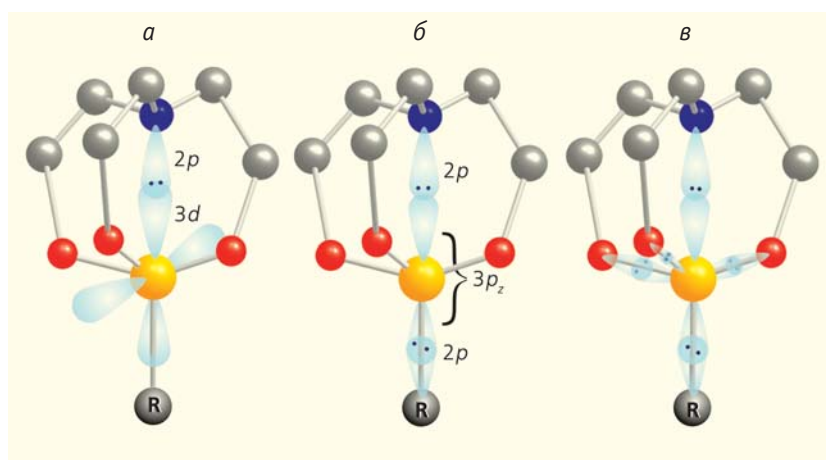


Рис.7. Варианты образования трансаннулярной (гипервалентной) связи. Для упрощения большинство p -орбиталей на левом рисунке показаны частично, без второй каплеобразной половины. Приведены только исходные атомные орбитали, пространственное изображение молекулярных орбиталей графически затруднено. На правом изображении 10 электронов, участвующих в системе связи $N \rightarrow \text{Ge}(\text{Si})$, показаны в виде точек.

ний и по одной предоставляют каждый из трех атомов кислорода, азот и группа R. Из девяти атомных орбиталей возникают девять молекулярных. В соответствии с расчетом, они распределяются следующим образом: пять связывающих орбиталей (на них располагаются 10 участвующих электронов) и четыре разрыхляющих. Неподделенная электронная пара азота, как показал расчет, занимает связывающую орбиталь с наиболее высокой энергией (ее можно назвать слабосвязывающей). Это находится в хорошем соответствии с экспериментальными результатами, полученными при изучении поведения этой лабильной связи.

Желающие узнать подробнее о свойствах и особенностях строения атранов могут ознакомиться с нашими обзорами [3, 4].

Химия атранов в настоящее время интенсивно развивается. До какого-то времени в образовании структур «традиционных» атранов (содержащих атомы кислорода в каркасе) участвовало сравнительно небольшое число элементов: B, Al, Si, Ge, Ti. Ситуация изменилась,

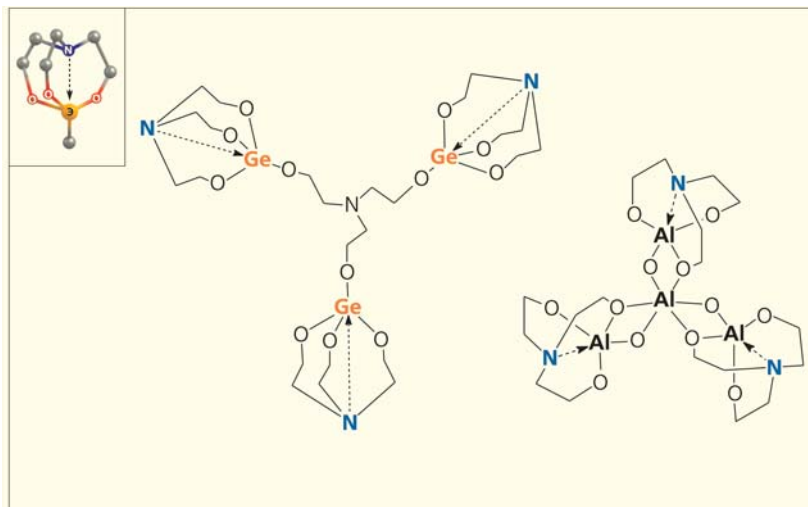


Рис.8. Примеры мультиатранов.

когда стали синтезировать атраны, в которых атом кислорода в каркасе заменен азотом (азаметаллатраны). Это позволило ввести в структуру атомы большинства металлов, в том числе и переходных.

Существует пока немногочисленный класс так называемых мультиатранов, где несколько атрановых структур соединены в одну молекулу (рис.8). В перспективе можно

ожидать создания на их основе наноструктур со специфическими свойствами.

Полагаем, что исследование новых атранов существенно расширит наши представления об этом своеобразном классе элементоорганических соединений. Воспользуемся предложенным сравнением и будем ожидать, что эти привлекательные бутоны превратятся в обычные цветы. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 98-03-32988а.

Литература

1. Воронков М.Г., Дьяков В.М. Силатраны. Новосибирск, 1978.
2. Воронков М.Г., Барышок В.П. Силатраны в медицине и сельском хозяйстве. Новосибирск, 2005.
3. Карлов С.С., Зайцева Г.С. // Химия гетероциклических соединений. 2001. №11. С.1451—1486.
4. Забалов М.В., Карлов С.С., Зайцева Г.С., Леменовский Д.А. // Известия АН. Сер. хим. 2006. Т.3. С.448—460.



Евразийский «степной пояс»: у истоков формирования

Член-корреспондент РАН Е.Н.Черных

Взгляд на проблему

В апогее своего развития Евразийский «степной пояс» скотоводческих культур предстает перед современными исследователями поистине необозримым по своей гигантской протяженности. С запада на восток, от бассейна Нижнего Подунавья вплоть до Манчжурии — фактически без сколько-нибудь заметных перерывов — пролегали пространства, превышавшие 8 тыс. км. Тогда же полностью оккупированные мобильными воинственными степными народами территории занимали до 16—17 млн км² (рис.1) — и это в относительно «мирные» периоды существования!

В течение весьма длительного времени степная зона служила специфичным базовым «доменом» скотоводческих культур. Однако «домен» этот включал в себя также расположенные севернее и экологически существенно более комфортные для обитания скотоводов *лесостепные* регионы. Помимо всего, эти популяции кочевали повсеместно не только в *полупустынных*, но даже в мало привлекательных для обитателей *пустынных* регионах: от Закаспийских Каракумов и Кызылкумов вплоть до Гоби в центре Азии. Пастухов степных сообществ не столь уж редко можно было встретить и по



Евгений Николаевич Черных, заведующий лабораторией естественнонаучных методов Института археологии РАН. Область научных интересов — история технологий и структура древней общности и культур Евразии.

южным окраинам *горно-таежных* регионов (к примеру, на Саяно-Алтае или в других областях). По этой причине понятие «степной пояс» следует понимать как достаточно условное: в реальности сам «пояс» включал в свою орбиту намного более обширные пространства.

Не следует также думать, что от южного — оседлых земледельцев — и северного — лесных охотников и рыбаков — миров изучаемый нами «пояс» отчленили строгие демаркационные рубежи. Напротив, в сущности на всей его огромной протяженности и фактически на всех этапах его существования возникали весьма заметные по территориальному охвату регионы, где наблюдалось чересполосное сосуществование разнообразных типов культур. Там степняки-скотоводы, начи-

ная с медного века и вплоть до средневековья, время от времени глубоко внедрялись в исконные области оседлых земледельческих культур.

В исторической реальности процесс распространения и территориального охвата культур «степного пояса» всегда отличался волнообразным характером. В случае удач динамичные воины-скотоводы могли подчинять чуждые им популяции на воистину необозримых пространствах. Захватнические устремления степняков были нацелены, как правило, к югу от их «домена», когда они старались вторгнуться глубоко в зону оседлых земледельческих культур. Внезапно слабея, они без промедления откатывались к северу.

Отметим также одно исключительно важное обстоятельство. Почти всегда за их спиной



Рис.1. «Степной пояс» евразийских скотоводческих культур: контуры территориального «домена».

оставались культуры гигантской северной таежной зоны Евразии. По всей видимости, последние почти непременно в большей или меньшей степени зависели от степняков. Судя по всему, коварного удара «со спины» степные скотоводы не опасались: слишком слабыми и разобщенными казались племена лесных охотников и рыболовов. Однако именно отсюда, с севера, в конечной фазе их бытия и последовал самый трагичный для степных скотоводов удар.

В последние шесть тысячелетий, т.е. вплоть до нового времени или же до XVIII и даже XIX вв., евразийский «пояс» степных культур являлся, без сомнения, одним из самых поразительных феноменов в истории народов этого континента. Периоды всесокрушающих, невиданных по своей стремительности нашествий всадников — этих непобедимых в те исторические моменты

воинов — нередко повергали в буквальный паралич волю носителей многих оседлых культур. В долгой исторической памяти тех народов, которые не только в научной, но даже в популярной беллетристике привычно относят к разряду «цивилизованных», обыкновенно всплывают картины прошлого, обильно окрашенные кровью и мраком тотальных разрушений. Подобными воспоминаниями наполнены не только письменные источники, но также изустные сказы и эпические предания.

«Кто эти ищадия? Откуда появились эти нелюди? Из каких пустынных глубин? Не из диковинной ли и проклятой Богом страны Тартар? Говорят, что питаются эти дьявольские создания мертвечиной и изъясняются на никому неизвестном языке. Видать, за тяжкие грехи Господь мог наслать на нас эту адскую напасть».

Примерно такими смятенными загадками в XIII в. мучились многие властители христианской Европы, вплоть до Британских о-вов [1]. Сходные стенания слышались тогда же и в большинстве регионов Азии. Связано было это с началом Чингизовых завоеваний. Всеохватная евразийская империя Чингизидов явилась, конечно же, как подлинным апогеем, так и заключительным актом степного насилия, его своеобразной «лебединой песней». Традиция огромной массы резко отрицательных средневековых оценок татаро-монгольских сокрушительных завоеваний сохранилась в мировой литературе до наших дней. И, пожалуй, только один из известных автору исследователей — Л.Н.Гумилев — проявил себя энергичным и последовательным апологетом этих губительных катастроф, которые, как он провозглашал

во многих своих публикациях, никакими катастрофами вовсе не являлись.

Однако ужаснувшие мир монгольские завоевания лишь завершали длинную череду podobного рода бедствий. Предшественниками Чингиз-хана и его прямых наследников стали, например, гунны со своим легендарным вождем Атиллой. Появились они на западе Евразийского континента опять-таки из неведомых для европейцев и устрашавших их глубин Азии. Неукротимые всадники гуннов наносили разящие удары по обеим — восточной и западной — частям некогда единой Римской империи.

В своем продвижении вниз по хронологической шкале, пересекая рубеж новой эры, мы погружаемся в степной скифо-сарматский мир. В 1-м тысячелетии до н.э. он простирался от низовьев Дуная вплоть до Западной Монголии. Богатейшие и нередко насыщенные золотом курганные захоронения скифо-сарматских вождей до сих пор горячо волнуют как исследователей-археологов, так и широкую публику. В конце VI в. до н.э. персидский царь Дарий, намеревавшийся с помощью своего воинства наказать и сокрушить лишь малую крупицу этого необъятного кочевого мира, потерпел полную неудачу. Об этом подробно поведал Геродот, и в его повествовании был явственно очерчен тот залог стратегической неуязвимости степных всадников, который имел место во все предшествующие и последующие исторические эпохи (фактически до нового времени).

По всей вероятности, наиболее тяжкие страдания от крайне болезненных, а порой и трагических столкновений с миром степных культур испытывал Китай. Причем борьба эта продолжалась не менее трех тысячелетий, вплоть до позднего средневековья. И если для более западных евразийских пространств южный мир от степного, северного отделяли могучие горные

цепи — от Кавказа вплоть до Памира и Тянь-Шаня — то китайцам пришлось по сути бесконечно долго соорудить и достраивать свою знаменитую «Великую» стену, которая почти всегда оказывалась крайне слабым барьером против летучих отрядов «степных ковбоев».

Первые признаки зарождения Евразийского «степного пояса» — этого устрашавшего столь многих степного феномена — проявились в самом начале эпохи раннего металла или же в медном веке, то есть с V тыс. до н.э. Примерно через 35–40 столетий, т.е. уже к концу 2-го тысячелетия до н.э., границы «степного пояса» приобрели те контуры, которые в своих главных чертах сохранились в течение последующих трех тысячелетий.

Понятно, что в краткой статье мы в состоянии наметить лишь *генеральные этапы* сложения «степного пояса», имевшие место в эпоху раннего металла, — их можно выделить три. Фундаментом настоящего исследования стали обширные базы данных о древнейшем металле различных металлургических провинций, накопленные и систематизированные автором и сотрудниками Лаборатории естественнонаучных методов Института археологии РАН. Только привлеченные к затронутой в этой статье проблематике базы данных превысили более 120 тыс. предметов, число же системно обработанных радиоуглеродных датировок по ^{14}C приближается к 3 тыс.

Первые признаки

В 5-м тысячелетии до н.э. на пространствах от Адриатического моря вплоть до Нижнего Поволжья в Старом Свете возникла первая металлургическая провинция медного века (рис.2). Мы именуем ее Балкано-Карпатской, поскольку основные производящие металлургические центры этого формирования ло-

кализировались в богатых медными рудами горных районах Северных Балкан и Карпат [2]. Здесь из руд многочисленных месторождений выплавляли медь, а из нее выделяли множество орудий и оружия (рис.2). В лишенных собственных рудных богатств более восточных регионах — на степных и лесостепных просторах этой части Европейского континента — из привозной балкано-карпатской меди могли лишь отливать или отковывать орудия и украшения. Формирование сложной взаимосвязанной системы металлургических и металлообрабатывающих очагов, под которой мы и понимаем металлургическую провинцию, явилось событием чрезвычайной важности. В конечном итоге данному событию стали придавать воистину глобальный характер. Ведь именно здесь зарождалось реальное горнометаллургическое производство нашей планеты; и именно таким образом был заложен один из самых важных камней в фундамент цивилизаций современного типа.

То, что эта провинция сформировалась на севере Балкан и в Карпатах, вначале удивило многих. Согласно старым и казавшимся нерушимыми аксиомам исторической и археологической наук, это производство никак не могло здесь появиться ранее того, что было известно в Месопотамии или же, скажем, в Египте. Ведь постулат «Свет с Востока» представлялся неколебимым: только на Ближнем Востоке — и не ранее 3-го тысячелетия до н.э. — могли зарождаться все сколько-нибудь примечательные идеи и технологии. Но Балкано-Карпатье весьма удалено от библейских равнин... Внедрение радиоуглеродной хронологии в арсенал основных методов археологии резко поколебало прежнюю умозрительную картинку: активно развивающиеся аналитические исследования неумолимо с каждым новым шагом утверждали значительно более

глубокую древность зачаточной, но вместе с тем поразительно высокоразвитой балкано-карпатской металлургии.

Балкано-Карпатская провинция, наряду с производством тяжелых медных орудий и золотых украшений, отличалась еще рядом примечательных особенностей, из которых мы привлечем внимание лишь к одной, но весьма важной для нашей проблематики. В структуре культур провинции легко вычлениются три блока. Первый — коренной, или центральный: вся повседневная жизнь людей протекала здесь на постоянных долговременных селищах. У этих древних поселков мощные многометровые слои тех отложений, что археологи именуют «культурным слоем», насыщены бесчисленными обломками великолепно изготовленной и украшенной причудливым орнаментом глиняной посуды. Аборигены обитали в глинобитных, порой двухэтажных жилищах. Одним из важнейших занятий этих народов было земледелие, но профессионально обособленные кланы этих популяций разрабатывали рудники и выплавляли медь.

Второй блок культур охватывал пространства к востоку от Карпат — в областях нынешней Западной Украины вплоть до правобережного Поднепровья. Совокупность их памятников, известная под названием весьма знаменитой *трипольской* культуры (по имени одного из первых обнаруженных археологами близ Днепра поселков — *Триполья*). Весьма сходная с балкано-карпатскими, она отличалась лишь отсутствием горно-металлургического промысла. Местные племена использовали привозной металл из металлургических центров центрального блока.

Но наиболее интересным в системе Балкано-Карпатской провинции для нашей темы оказывается, пожалуй, восточный блок культур, занимавший степные и лесостепные простран-



Рис.2. Ареал Балкано-Карпатской металлургической провинции V тыс. до н.э. А — центральный блок культур; В — блок трипольских культур; С — блок степных скотоводческих общностей. Вверху: слева — набор медных орудий и оружия центрального блока (Варненский некрополь); справа — медные украшения из памятников культур степного блока.

ва Восточной Европы от Днепра вплоть до Среднего и Нижнего Поволжья. Все сколько-нибудь примечательные детали материальной или духовной жизни резко контрастны тем, что были присущи западным соседям. Здесь совершенно не ведали земледелия, а основным источником жизнеобеспечения и забот служил скот. Селища, как правило, отличались тонким «культурным слоем», что говорило о несравненно более подвижном образе жизни. Культура степняков предстает перед нами в большей степени благодаря раскопкам их кладбищ. Глиняные сосуды отличались несравненно более примитивными формами и техникой лепки. Металл балкано-карпатских производственных центров они полу-

чали при контактах с племенами трипольской общности, из привозной меди степняки отковывали лишь нехитрые по форме украшения (рис.2), а медные орудия и оружие по неведомой причине они чурались вовсе.

Даже беглое сопоставление первого и второго блоков оседло-земледельческих культур, с одной стороны, и третьего блока степного скотоводческого населения Восточной Европы, с другой, позволяло многим археологам полагать, что перед нами народы двух совершенно различных уровней социального и технологического развития. На западе живут и трудятся популяции, по существу подошедшие вплотную к уровню ранних цивилизаций, степной же восток занят культурами

«варваров», полностью зависими от «просвещенного» Запада. Что же получается: пришла пора провозглашать совершенно новую аксиому — «Свет с Запада»?

У истока степных курганных культур — второй этап

Однако уже в следующем, 4-м тысячелетии до н.э. картина изменилась до чрезвычайности. Медный век сменился ранним бронзовым, и наступил второй этап формирования «степного пояса». К юго-востоку от ареала скотоводческих общностей, составляющих третий блок Балкано-Карпатской провинции, в степях и предгорьях Северного Кавказа, возникла культура, не имевшая до тех пор аналогий или же явных прототипов. Людей там часто хоронили под громадными насыпями, получившими в новое время название курганов. Самые величест-

венные искусственные надмогильные холмы, по всей вероятности, отличали персон с наивысшим социальным статусом. Покойников нередко помещали в обширные каменные «ящики», выложенные каменными плитами. Погребенных под крупными курганами чаще всего сопровождал поразительно богатый инвентарь: бронзовое оружие и посуда, золотые и серебряные сосуды и украшения (рис.3), а также изделия для отправления загадочных ритуалов. Культуру эту археологи стали именовать «майкопской», поскольку первое удивившее своим богатством погребение было вскрыто в городе Майкопе еще в конце XIX в.

Многие важнейшие черты и парадоксальные особенности майкопской культуры постоянно привлекали пристальное внимание исследователей. В-первых, всегда отмечалось яркое своеобразие этой курганной и в основе скотоводческой культуры на фоне как отдален-

ных, так и ближайших соседей. Оседлые земледельцы окружали ее ареал с юга — в основном уже за Главным Кавказским хребтом. Степные скотоводы, «третий блок» Балкано-Карпатской провинции, оккупировали северные степи и лесостепи.

Во-вторых, бросалось в глаза почти фантастическое богатство металла и разнообразие форм изделий. Последняя черта особенно интриговала археологов, поскольку никаких свидетельств местного металлопроизводства у майкопского населения до сих пор найти не удалось, а в южных краях — уже за Кавказом — коллекции металла из памятников оседлых земледельческих культур при сопоставлении с майкопским великолепием выглядели крайне блекло [3].

В-третьих, бросался в глаза бледный, если не сказать порой убогий, облик большинства майкопских поселков на фоне великолепия курганных некрополей.

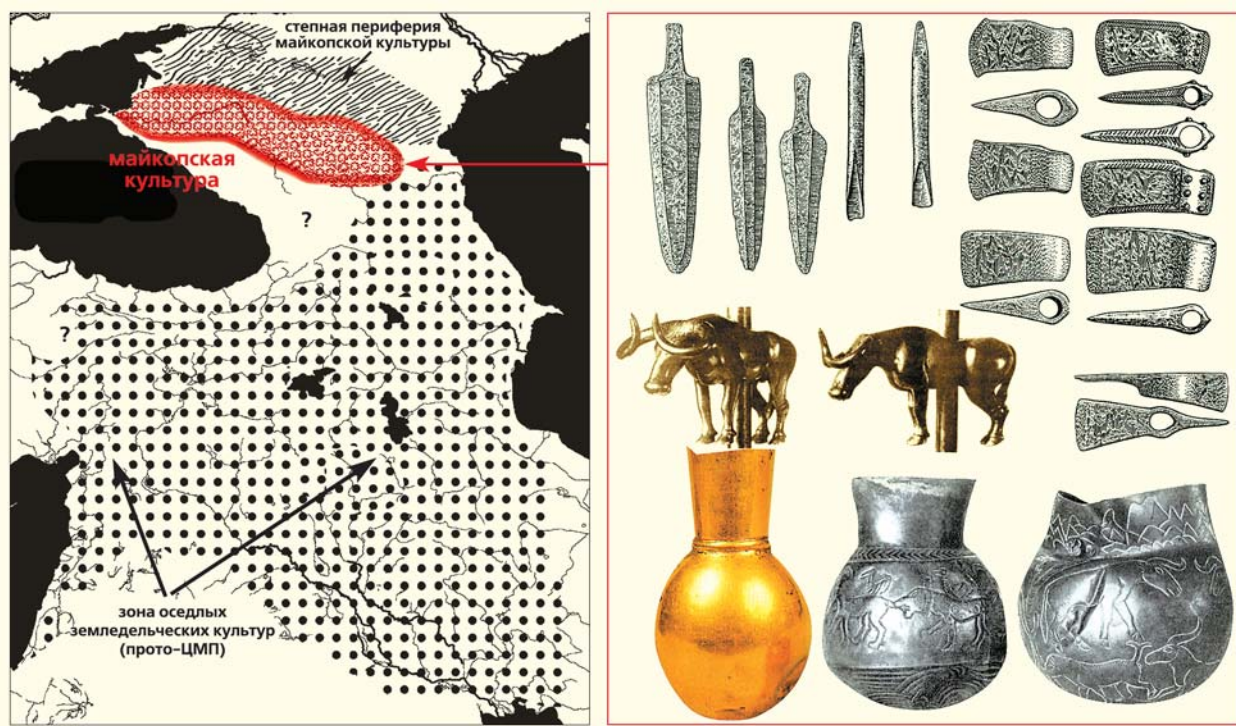


Рис.3. Ранняя фаза Циркумпонтийской металлургической провинции. Справа: бронзовые оружие и орудия, фигурки, золотые и серебряные сосуды майкопской культуры.



Рис.4. Вторая фаза Циркумпонтийской металлургической провинции. Ареал древне-ямной общности и ее предполагаемых восточных параллелей.

И, наконец, в-четвертых, поражаля весьма ранний возраст майкопских памятников, покрывавший все десять столетий 4-го тысячелетия до н.э. Последнее в особенности шокировало сторонников теории «Свет с Востока», поскольку и в данном случае некогда бесспорная историческая аксиома претерпевала вполне ощутимый урон.

Майкопский феномен развивался на фоне угасающей Балкано-Карпатской металлургической провинции, но в стороне от нее и независимо от нее. Когда же провинция распалась окончательно, ареал последней оказался поглощенным абсолютно новой и многократно более обширной системой, названной Циркумпонтийской металлургической провинцией (ЦМП). Само название провинции было обусловлено тем, что основные производящие центры этой системы располагались вокруг Черного моря, или же *Понта Эвксинского* древних греков. Металлургия и металлообработка ЦМП по своим основным признакам существенно отличалась от канувшей в вечность Балкано-Карпатской провинции. Майкопская же культура с ее большими курганами и удивительным металлом явилась во многом своеобразной «прародительницей» Циркумпонтийской провинции.

В системе ЦМП статус прежде всего майкопской культуры, а также ставших ее наследниками более поздних степных вос-

точноевропейских общностей — типа так называемой «древне-ямной» — резко различался от того, что мы отмечаем для предшествующего медного века. Северную зону ЦМП (рис.4) представляли теперь скотоводческие мобильные *курганная культура и общности*, порою явно «демонстрировавшие» независимость от южных оседлых народов, а также особую значимость. Пастушеские племена по традиции и донныне продолжают порою именовать варварскими. Однако эти «варвары» с 4-го и в основном уже в 3-м тысячелетии до н.э. начали свою пугающую оседлых «цивилизованных фермеров» активность. Получая основную долю металла из богатых южных стран, они энергично развивают собственное металлообрабатывающее производство. Иногда могло даже сложиться впечатление, что своим металлом южане старались «откупаться» от агрессивных пастухов-воинов. Теперь у носителей курганной культуры выходит на первый план отливка оружия и орудий, а некоторые из этих форм — к примеру, боевые топоры — становятся даже исходными для больших серий аналогичных изделий на Ближнем Востоке или в Малой Азии. Если анализировать, скажем, изображения на барельефах из этих южных областей, то топоры исходных степных форм на юге предстают оружием весьма высокого ранга: оно в руках лишь высших иерархов

и даже божеств. Тогда же — в конце 4-го тысячелетия — кочевые народы курганной «древне-ямной» археологической общности открыли в степях Южного Урала гигантское меднорудное поле Каргалы. В среде пастухов выкристаллизовались группы людей, приобретающих профессиональные навыки, постигавших умение самостоятельной выплавки из руд меди, а из нее отливки и отковки различного рода изделий.

В 3-м тысячелетии до н.э. общности кочевников-скотоводов, а также мобильных «полуоседлых» пастухов оккупировали внушительные пространства, превышавшие 1 млн км² — от низовьев Дуная вплоть до северо-каспийских полупустынь. Не вполне ясные следы их воздействия можно было увидеть даже далеко на востоке — вплоть до степного Алтая. Однако реализация их восточных устремлений (пока что трудно доказуемых) откладывалась еще на тысячу лет.

Третий этап сложения: Восток—Запад

На рубеже 3-го и 2-го тысячелетий до н.э. явно проявили себя важнейшие черты третьего этапа формирования «пояса», а на Евразийском континенте зарождались сообщества позднего бронзового века. То было время фантастической активизации степных скотоводов, при-

ведшей к середине 2-го тысячелетия к тому, что «степной пояс» приобрел вполне отчетливый и заверченный характер своих контуров. В позднебронзовом веке металлоносные культуры Старого Света достигли своего территориального максимума в 40–43 млн км² [3]. Вплотную приблизился к высшим значениям в 16–17 млн км² также и «степной пояс» скотоводческих формирований. Следовательно, в общем пространстве культур и общностей, познавших металл и его преимущества, на долю степных объединений приходилось не менее 40% всех территорий — а это весьма впечатляет!

В истории народов «степного пояса» в эпоху поздней бронзы особую роль сыграли две гигантские металлургические провинции — Евразийская и Восточноазиатская. Первая распространяла свое воздействие от Поднепровья до Алтая и от степных и полупустынных областей Предкавказья и Средней Азии вплоть до таежного севера (рис.5). Она отличалась отчетливо монокультурным характером своих сообществ, что особенно ярко проявилось на фазе ее стабилизации в XVIII/XVII—XV/XIV вв. до н.э. К тому време-

ни ее общая площадь достигла примерно 8 млн км². Всю ее южную часть занимали памятники двух гигантских общностей: так называемая «срубная» в Восточной Европе и «андроновская» в азиатской части. Однако старт или начальная фаза формирования этой «монокультурной» провинции казались весьма необычными.

Ранняя фаза Евразийской провинции, датированная XXII—XVIII вв. до н.э., примечательна тем, что зародились две стремительные, встречные «волны» продвижения скотоводческих народов: с запада на восток и с востока на запад (рис.6). Первый или же западный импульс предстал вполне ожидаемым на фоне событий предшествующего времени. В конце 3-го тысячелетия до н.э. в процессе распада Циркумпонтийской провинции скотоводы лесостепной и степной зон Восточной Европы устремились на восток, за Урал. Это привело к быстрому распространению скотоводческого уклада жизни у народов Казахстана, степной и полупустынной части Средней Азии и юга Западной Сибири.

Инициаторами этого движения стали народы, оставившие после себя памятники, в кото-

рых археологи различают т.н. «синташтинскую» или же «абашиво-синташтинскую общность». В рамки последней входила также и петровская культура (рис.6). Популяциям этой общности по-прежнему было чуждо земледелие, а скотоводство, без сомнения, занимало центральное место в их повседневной жизни. Горнометаллургический промысел также успешно развивался на базе зауральских и казахстанских меднорудных залежей. За Уралом почти не стало курганных некрополей: древний ритуал сооружения надмогильных насыпей здесь быстро отмирал. Археологам удалось открыть множество селищ этой общности, но поселки, как правило, крупными размерами не отличались.

Вторая «волна» (или же восточный импульс) оказалась для исследователей намного более неожиданной. Загадка ее происходила хотя бы из того, что подобную «волну» трудно было предсказать и предположить. Ведь едва ли не на «пустом месте» в обширном ареале Саяно-Алтайской горной системы чрезвычайно быстро возник исключительно развитый тип металлургии. Относительно примитивные металлургические

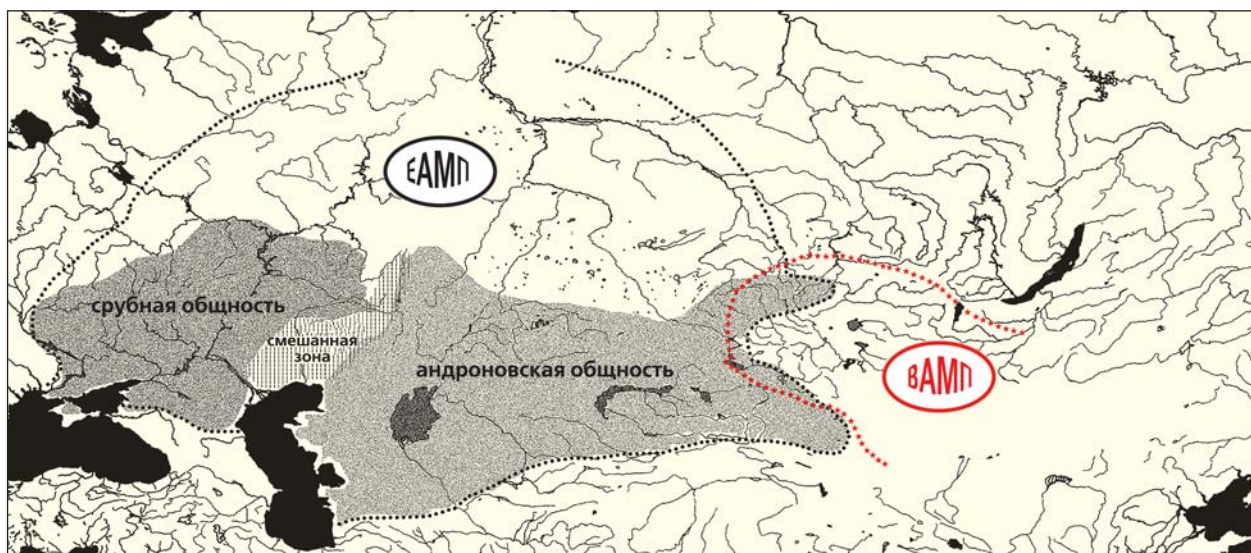


Рис.5. Ареал Евразийской металлургической провинции (ЕАМП) и северо-западные границы Восточноазиатской металлургической провинции (ВАМП). Фаза стабилизации.



Рис.6. Фаза сложения Евразийской металлургической провинции. Две встречные волны распространения культурных образований. Красным цветом обозначены могильники и святилища (звездочки), а также единичные находки металла сейминско-турбинского облика (точки и овалы). Вверху: некоторые формы металлических изделий сейминско-турбинского типа.

очаги предшествующего времени как будто не обещали стать базой внезапной вспышки производства высокотехнологичного тонкостенного бронзового литья изысканных и, пожалуй, неповторимых форм оружия. Здесь отливали наконечники копий, топоры-кельты, фигурные ножи со скульптурными изображениями различных жи-

вотных и даже людей (рис.6). Огромное большинство этих вещей было обнаружено в очень странных могилах-кенотафах, где археологи не находили человеческих останков [4]. Поразительно широк ареал распространения этих необычных древностей: от Западного и даже Центрального Китая вплоть до Восточной Балтики, т. е. бо-

лее 6 тыс. км! Но на этой неохватной территории поражающе также удивительно малое число самих металлических предметов: их не более шести сотен!

Однако именно так «вспыхнули» первые признаки зарождения другой великой металлургической провинции, которую мы именуем Восточноазиатской. По сравнению с Евразий-

ской она отличалась несравненно более сложной структурой.

В археологии восточная «волна» известна как «сейминско-турбинский транскультурный феномен» (по названию двух знаменитых могильников: *Сейма* и *Турбино*). Воинственные популяции стремительно продвигались на запад параллельно, но севернее встречного потока абашево-синташтинских племен, — уже по преимуществу в южной полосе лесной евразийской зоны. Крайне любопытно, но 35–40 столетий спустя именно этим путем, но уже на восток будут столь же стремительно продвигаться немногочисленные казачьи отряды — эти беспокойные и трудно поддающиеся дисциплине подданные Российского государства.

Однако во второй половине 2-го тысячелетия до н.э. кочевые скотоводы Восточноазиатской провинции резко меняют ориентацию своих агрессивных устремлений. Отныне их взгляды нацелены в основном на юго-восток (рис.7), туда, где возникли богатейшие очаги культуры древнего китайского государственного образования, именуемого Шан (Инь), центры кото-

рого преимущественно связаны с бассейном Хуанхэ. Степняки, культуру которых археологи именуют *карасукской*, наследуют многие формы оружия предшествующего сейминско-турбинского феномена, отливая прежде всего так называемые однолезвийные коленчатые ножи с фигурными рукоятями (рис.6). Именно эти формы оружия, а скорее всего, их подражания распространяются по всей территории, подвластной правителям династии Шан. С этого времени, по всей видимости, и берет свое начало великое противостояние степных воинов-скотоводов древним и средневековым китайским цивилизациям.

Финал

Мы уже вспоминали о «звездном часе» степных скотоводов — о Чингизовых походах и едва не молниеносном формировании недолговечной евразийской империи Чингизидов. Ведь курултай монгольских племен поднял Чингиз-хана на белом войлоке в 1206 г. Однако уже в 1241 г., т.е. всего через

35 лет, монгольские летучие отряды сокрушали всех противников на поистине необозримых пространствах — от Тихого океана вплоть до Адриатики. Эти молниеносные завоевания охватили воистину гигантские пространства — до 30 млн км²! Правда, довольно скоро начали постепенно проглядывать и черты заката степного феномена. Как это ни удивительно, но самые сокрушительные удары степнякам нанес тот народ, что испытал один из самых тяжелых уронов от их нашествий — русские. Вспомним при этом, однако, что их большая или меньшая зависимость от степных воинов ощущалась еще долго. Ведь Российское государство выплачивало дань крымским татарам вплоть до времен Петра Великого.

Однако энергичный прорыв на восток — за Урал — российских казачьих отрядов начинается с 80-х годов XVI в., уже вскоре после сокрушения Иваном Грозным Казанского ханства. Этот рывок хорошо известен в нашей литературе, и он связан, конечно, с легендарным для российской истории именем Ермака. Всего шесть десятилетий потребовалось казакам, чтобы по-

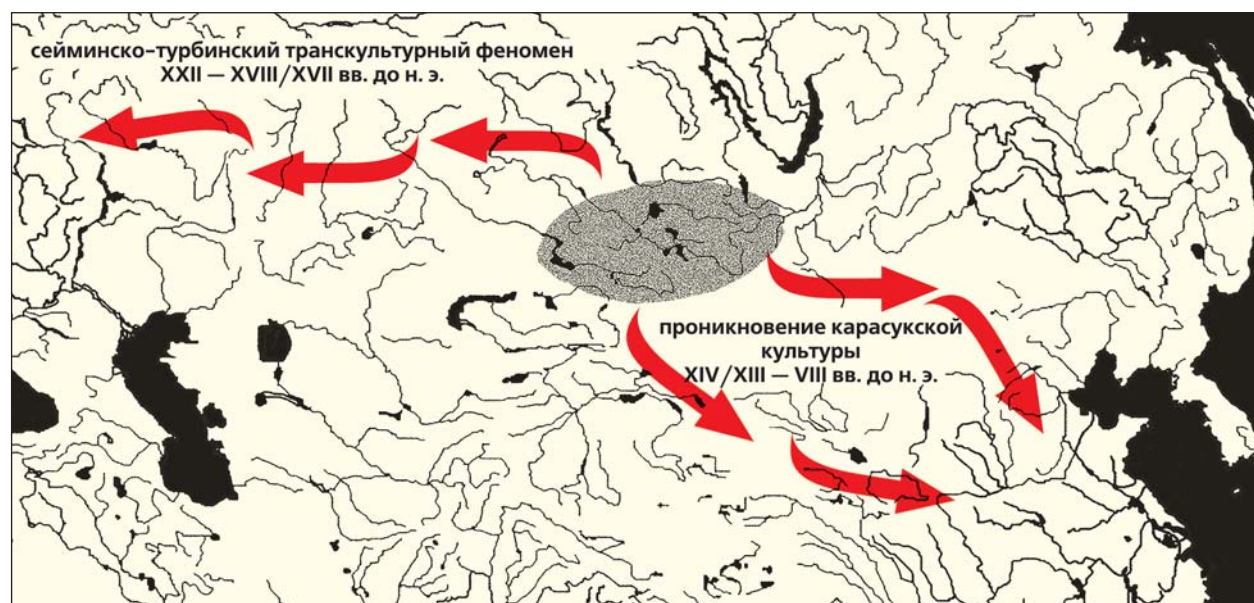


Рис.7. Важнейшие направления воздействий культурных объединений северо-западных (саяно-алтайских) центров Восточноазиатской металлургической провинции в финале сложения евразийского «степного пояса».

сле этого похода достигнуть восточной оконечности Евразийского континента: Семен Дежнев обогнул этот мыс по будущему Берингову проливу, отделявшему Старый Свет от Нового, в 1648 г. Так Россия постепенно овладевала и осваивала тот таежный тыл «степного пояса», который, как можно думать, степным скотоводам казался вечным и незыблемым. Новая и нависавшая с севера могучая сила постепенно и неуклонно давила степняков. Сопротивление их, однако, было весьма долгим и отчаянным. Первоначально смяли западный фланг «пояса», именовавшийся в русской традиции «дикий степью». Акция эта, как известно, восславилась фаворита Екатерины Великой князя Потемкина Таврического.

Гораздо позднее удалось усмирить центральную часть «пояса» — Казахстан и Среднюю Азию. Так, в 1820 г., т.е. спустя девять десятилетий после включения младшего жуза казахов в состав Российской империи, столичные власти организовали посольство в Бухару через Оренбург. *«Так как нам предстояло пересечь необъятные степи, посещаемые только кочевыми ордами, правительство снабдило нас конвоем из двух сотен казаков и двухсот пехотинцев, к которым затем присоединились двадцать пять всадников-башкир. Мы взяли с собою 2 артиллерийских орудия»*, — писал тогда статистик посольства Е.Мейендорф [5]. Однако после ликвидации во второй половине XIX в. независимости среднеазиатских эмиратов со «степным поясом»

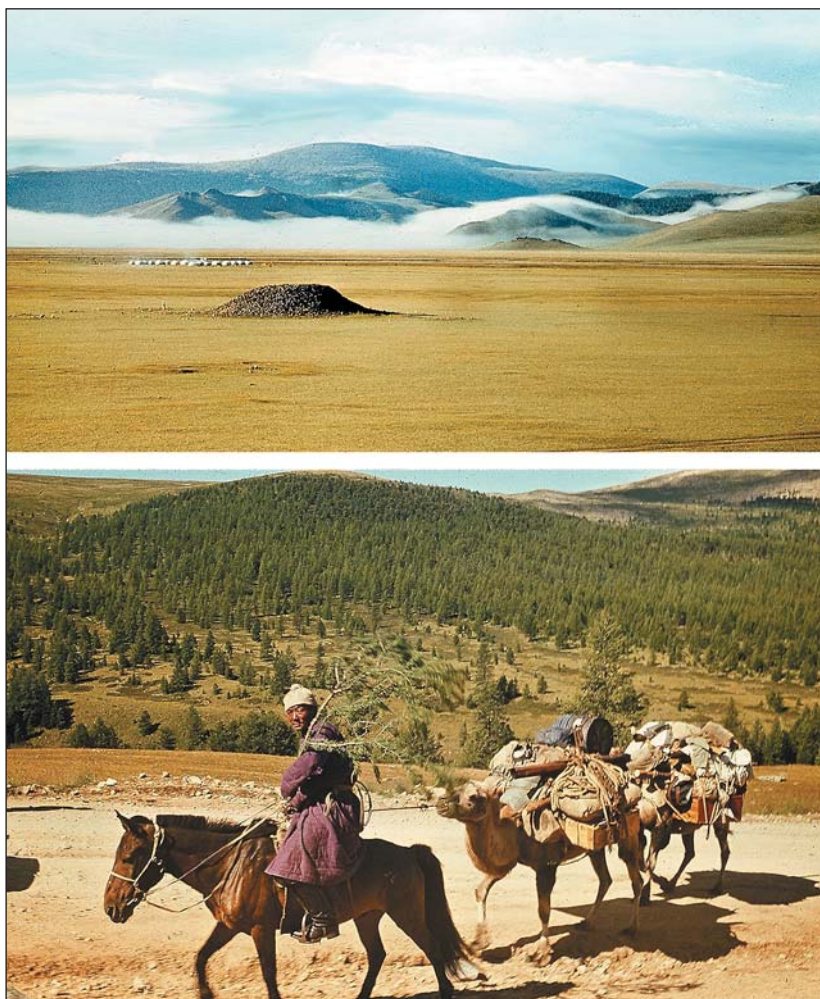


Рис.8. Скотоводы-кочевники Монголии в 70-х годах XX в. Верхнее фото: группа юрт близ средневекового кургана-«керексура». Нижнее: сезонная перекочевка с летней стоянки.

и в этой части Азии было покончено. В конце 2-го тысячелетия только в аридных монгольских степях и необъятных пустынях Гоби можно было наблюдать остатки этих кочевых и полукочевых скотоводов (рис.8).

Таким представал финал долгого, насыщенного драмами и трагедиями бытия этого поразительного феномена далекой — да и не столь далекой — истории евразийского «степного пояса». ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 05-01-01059а.

Литература

1. Юрченко А.Г. Экспозиция // Христианский мир и «Великая Монгольская империя». Материалы французской миссии 1245 г. СПб., 2002.
2. Chernykh E.N. Ancient Metallurgy in the USSR. The Early Metal Age. Cambridge, 1992.
3. Черных Е.Н., Авилова Л.И., Орловская Л.Б., Кузьминых С.В. // Российская археология. 2002. №1. С.5—15.
4. Черных Е.Н., Кузьминых С.В. Древняя металлургия Северной Евразии (сейминско-турбинский феномен). М., 1992.
5. Мейендорф Е.К. Путешествие из Оренбурга в Бухару. М., 1975. С.20.

Научные сообщения

Предсмертная песня «зомби»

А.А.Бенедиктов

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

Множество опасностей и болезней подстерегает насекомых в их короткой жизни, и только огромная численность позволяет им не исчезнуть с лица Земли. Наиболее коварны эпизоотии, вызванные грибком, и паразиты, которые меняют поведение насекомого, подчиняя себе и превращая его в «зомби». Подобные случаи отражены в очерках известного ученого-энтомолога и талантливого писателя П.И.Мариковского [1, 2]. Вот как он описывает изменение поведения тли (*Acyrtbosiphon sp.*) после заражения ее наездником-афелинусом (*Apbelinus mali*): «Тля, пораженная наездником, становится вялой, ей нездоровится. Она слегка светлеет, чуть вздувается, и, как бы чувствуя неладное, спешит уединиться. Любительница тени, она теперь ищет яркое солнце, находит листочек молочая, освещенный лучами, забирается на его вершину и устраивается в небольшом углублении на срединной жилке. Затем она выделяет капельку клейкой жидкости и, прикрепив себя надежно, замирает. Жизнь покидает ее тело, она еще больше вздувается, светлеет. Проходит несколько дней. На конце брюшка тли появляется окошечко, через него выбирается наездник-афелинус, отчаянный враг тлей».

И еще одно любопытнейшее наблюдение Мариковского: личинки червя-волосатика (*Gordiacea*), паразитируя в жуке-чернотелке (*Tenebrionidae*), никак не связанном с водой, «направляют» свою жертву на дно ручья, в свою среду обитания, где и покидают хозяина. Жук после этого погибает.

Необычно ведут себя и муравьи, пораженные грибом, — забираются на высокие стебли злаков над оживленным местом муравейника (у края гнезда, над тропинкой), где и гибнут, намертво прикрепившись к стеблю ротовым аппаратом. После из их тел прорастает грибок. Мариковский считает, что именно грибок толкает насекомых на то, чтобы они как можно выше над землей нашли свою смерть. Это необходимо для того, чтобы споры грибка могли успешно покрыть с высоты большее пространство и заразить еще здоровых муравьев. Похожая «вершинная болезнь» свирепствует среди гусениц бабочки-монашенки (*Lymantria monacha*) в период ее массового размножения. Гусеницы также забираются высоко на деревья, где погибают в характерных позах. Связывают столь странное поведение гусениц также с грибковым заболеванием. Мне же лично приходилось сталкиваться с эпизоотиями, вызванными энтомофильными грибами у мух-журчалок (*Syrphidae*) и некоторых саранчовых (*Acrididae*).

Все это может показаться фантазией, и некоторые ученые пытаются иначе объяснить поведение насекомых, страдающих «вершинной болезнью», считая, что те стремятся навстречу солнечным лучам, чтобы излечиться от патогенной микрофлоры. Чернотелка же сама лезет в воду, чтобы избавиться от паразита. Однако факты благополучного самолечения насекомых от грибковых заболеваний или паразитов достоверно неизвестны: все больные насекомые гибнут, а паразиты и грибки успешно развиваются. Недавно я сам стал сви-

детелем интереснейшего случая, нигде ранее не описанного, который заставил меня скептически отнестись к версии «самолечения» насекомых.

В жаркий августовский вечер прошлого года я шел по накатанной автомобилями лесной дороге возле пос.Назарьево, к северу от железнодорожной платформы Жаворонки. В это время температура на солнце превышала 30°C, а здесь, под пологом леса, стояла прохлада. Глинистая почва не очень глубокой колеи была сухой, немного растрескавшейся, а ее отдельные комки лежали повсеместно вперемешку с опавшей листвой. Целью моей экскурсии была запись звуков насекомых, поэтому я внимательно слушал любой звук, любой шорох. И тут прямо у меня под ногами раздалось неизвестное мне жужжание, причем чем-то напоминающее сигналы некоторых прямокрылых — непродолжительные серии, следующие с небольшими паузами. Звуки исходили из разных мест и были рассредоточены на площади нескольких квадратных метров. Это говорило о том, что здесь поет не одно, а несколько насекомых. Я насчитал не менее четырех точек, откуда доносились эти непонятные сигналы. Оставалось только выяснить, кто же их издает?

Достав и включив звукозаписывающую технику, с микрофоном в руке я стал отыскивать наиболее близко поющее насекомое и обнаружил... крупную самку мясной мухи из семейства саркофагид (*Parasarcophaga*

* Родовую принадлежность мухи установила сотрудница кафедры энтомологии биологического факультета МГУ Г.В.Фарафонова.

sp.)*. Она сидела в земляной нише, можно сказать, в норке, прикрытая сверху сухим листиком березы, на котором был плотный слой грязи, и только задняя часть брюшка вместе с кончиками крыльев высывались наружу. Муха периодически жужжала, работая крыльями, и старалась протиснуться еще глубже под землю.

Я аккуратно разобрал пинцетом верх ее убежища, и моему взору предстало его глинистое дно, до блеска отшлифованное головой мухи. Это насекомое, по принципу отбойного молотка, вибрациями своего тела пыталось расширить узкую трещину в земле, чтобы зарыться еще глубже! Я извлек саркофагиду и поместил в небольшую пластиковую баночку. На очереди была следующая муха, однако найти ее оказалось намного сложнее, поскольку она, как выяснилось, сделала свою норку довольно глубоко под землей. Переворошив все листья и веточки и ничего не обнаружив, я с досады отвернул кусок глины и увидел небольшую щель, где, уткнувшись головой в похожую отшлифованную нишу, жужжала такая же самка саркофагиды.

К тому моменту, когда была поймана вторая муха, звуки на дороге стихли. Вероятно, остальные мухи зарылись на нужную глубину и затихли. Как все оказалось просто: работа крыльев создает вибрацию тела, помогая ему, как по маслу, проникать в узкие трещины в плотной земле, а звук — только побочный продукт работы крылового аппарата. Но если бы не он, вряд ли я смог обратить внимание и обнаружить этих насекомых.

В пластиковых баночках пойманные мухи беспокойно ползали по дну, однако улетать никогда не собирались. Тогда я насыпал в каждую из них слой той самой глины и пустил сверху своих пленниц. Саркофагиды тут же стали протискиваться между отдельными ее кусочками, издавая при этом уже слы-



Погибшая от патогенного грибка гомфоцерина из семейства саранчовых на соцветии полыни (Московская обл., 55 км Егорьевского шоссе, пос. Гжель, 8.VIII 2004) и скопление зараженных энтомофильным грибом мух из семейства журчалок на высоком злаке-лисохвосте (Московская обл., Одинцовский р-н, Звенигородская биостанция МГУ, 9.VI 2005). Мелкие беловатые полоски на теле гомфоцерин — проросший грибок.

Здесь и далее фото автора

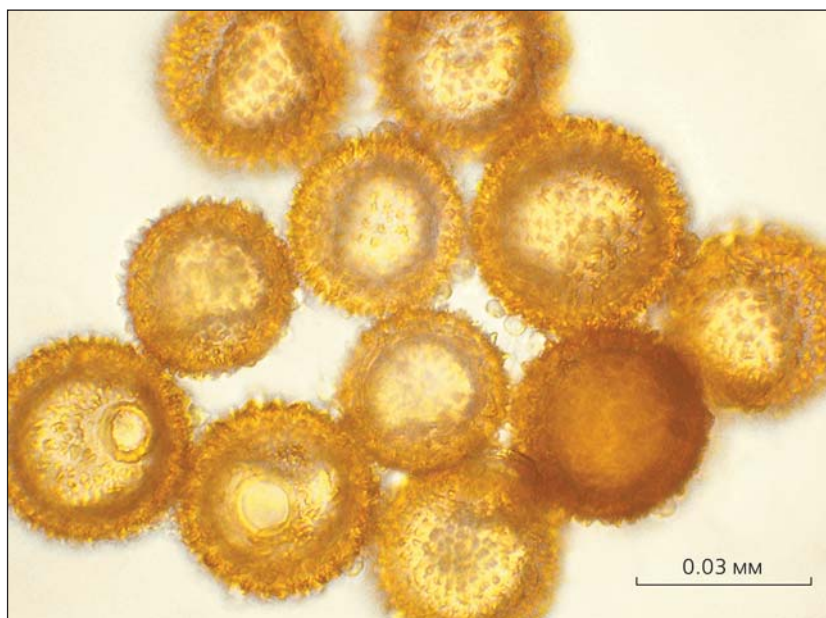
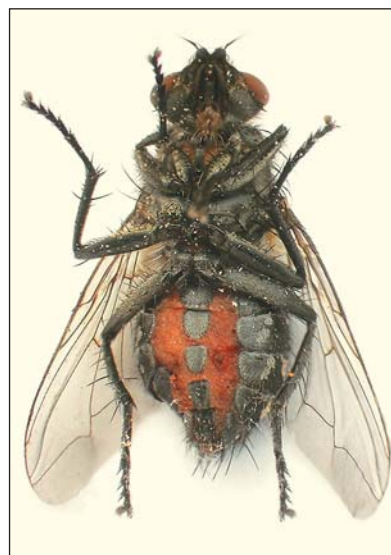
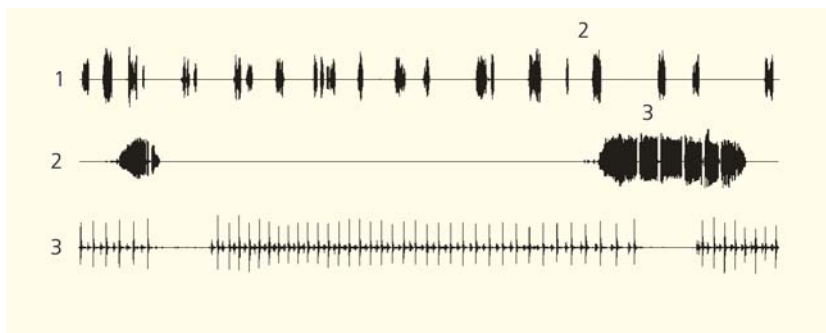


шимые мной ранее звуки. Зарывшись в землю, мухи затихли.

Все это время меня одолевал один вопрос: для чего мухи зарываются в почву? Откладывать личинок под землю им не положено, поскольку их развитие происходит на гнилом мясе. Уходить на зимовку еще рано; большинство их собратьев, как ни в чем не бывало, летали тут же и никуда зарываться не спешили. Что же ими движет? Неужели как раз тот случай зомбирования паразитом или грибом? Оставалось только ждать.

Спустя двое суток я не удержался и извлек мух из земли. Они были мертвы, а их брюшко вздулось и стало снизу неестественного кирпичного цвета. Кое-

где его мягкие мембраны стали разрушаться, и в этих местах проступила оранжеево-красная масса, заполнявшая полость брюшка. Под микроскопом эта масса предстала огромным количеством шарообразных спор с короткими выростами на поверхности. Каждая такая спора напоминала Солнце с многочисленными спикулами. Не одна тысяча этих смертоносных шариков заключалась в теле погибшей мухи! Сомнений быть не могло: насекомые поражены грибковой болезнью. Вот так, заразив мух, может быть, где-то за несколько километров от того места, патогенный грибок заставил саркофагид не влезать высоко на растение ближе к уль-



Пораженная грибом-зоофторой самка мясной мухи, извлеченная из-под земли спустя два дня после закапывания. Слева вверху — осциллограмма звука, который муха издавала крыльями, закапываясь в почву (Московская обл., Одинцовский р-н, окрестности пос. Назарьево, 15.VIII 2007, 21—22°). Развертка осциллограмм: 1 — 3 мин, 2 — 10 с, 3 — 500 мс. Внизу — микрофотография спор грибка, извлеченных из тела мухи спустя 16 дней после закапывания.

трафиолету, а наоборот, зарыться в землю, в темноту, для завершения цикла своего развития. Грибок этот принадлежал к роду зоофтора (*Zoophthora sp.*)*.

Хотя в этой истории еще есть нерешенные вопросы (например, как происходит заражение мух зоофторой и как грибок меняет поведение насекомого), сами случаи «зомбирования» насекомых для меня перестали быть пустой выдумкой.

* Энтомофильный грибок определен Б.А.Борисовым (НИ ЗАО «Росагросервис», Москва).

Когда эта статья уже была в редакции, вышла публикация израильских ученых из Университета им. Давида Бен-Гуриона, раскрывших секрет изумрудной осы (*Ampulex compressa*) — обитательницы тропической Африки, Индии и тихоокеанских островов [3]. Ужалив таракана, который, к слову, много крупнее осы, она превращает его в покорного раба — ухватив за антенны, ведет (именно ведет, а не тащит) в свое гнездо, где откладывает в брюшко жертвы яйца. Вылупившиеся из них личинки

развиваются в теле безвольного таракана. Это наблюдение описано давно, однако неясно было, что именно превращает таракана в «зомби». Теперь выяснилось, что яд осы содержит смесь токсинов, которые блокируют синтез нейромедиатора октопамина, влияющего на поведение и двигательную активность насекомого. Чтобы окончательно убедиться в своей правоте, ученые ввели таракану антидот (синтетический аналог октопамина), что вывело его из заторможенного состояния. ■

Работа поддержана программой «Университеты России». Грант УР.07.03.064.

Литература

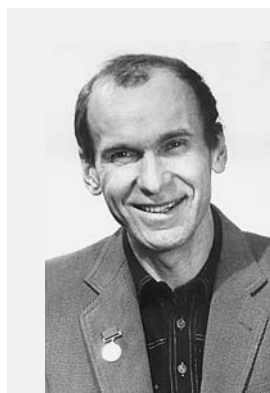
1. Мариковский П.И. Насекомые защищаются. М., 1977.
2. Мариковский П.И. Загадки остались. М., 2001.
3. Rosenberg L.A., Glusman J.G., Libersat F. et al. // Journal of Experimental Biology. 2007. V.210. P.4411—4417.

Ледниковые пустыни в истории Земли

А.А.Свиточ

В наши дни, когда все чаще налицо признаки глобального потепления, гораздо реже вспоминают о противоположной тенденции изменения климата. Между тем в истории Земли неоднократно происходили крупные по масштабам и длительные по времени похолодания, когда под мощным ледяным панцирем оказывались значительные участки континентальной суши и даже целые материка совместно со смежными участками океана. В этих районах были распространены ледниковые пустыни. Занимаясь палеогеографией суши фанерозоя в рамках проекта РФФИ, автор этих строк попытался собрать материалы об этих экзотических ландшафтах. Такого рода данных оказалось не так уж много. Думается, что они представляют определенный интерес, особенно в связи с проведением Международного полярного года 2007—2008 и некоторыми прогнозами специалистов.

В отличие от других ландшафтов, для ледниковых пустынь был характерен крупный, мощный (от сотен метров до нескольких километров) ледяной покров (щит) выположенной куполообразной формы, утончавшийся к периферии, где происходили таяние и разгрузка ледника. К этому можно добавить разнообразный микро рельеф, разную крутизну склонов, крайне холодный климат с осадками в виде снега и почти пол-



Александр Адамович Свиточ, доктор географических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории новейших отложений и палеогеографии плейстоцена географического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — древние ландшафты Земли и палеогеография фанерозоя.

ное отсутствие органической жизни. Ландшафты древних ледниковых эпох с разной достоверностью реконструируют по аналогии с современными ландшафтами Антарктиды и Гренландии, а выделяют их по распространению ископаемых морен (тиллитов и тиллоидов), их составу, фациям и занимаемой площади, а также по следам сохранившихся ледниковых форм рельефа [1]. В настоящее время вполне достоверно прослеживаются следы до 20 крупных ледниковых эпох, объединенных в четыре гляциоэры: лавразийскую, гондванскую, африканскую и канадскую [2].

В **лавразийскую гляциоэру** около 30 млн лет назад в Антарктиде началось **кайнозойское оледенение Земли**. Максимальное распространение оно получило в последний миллион лет, когда в приполярных широтах материков Северного

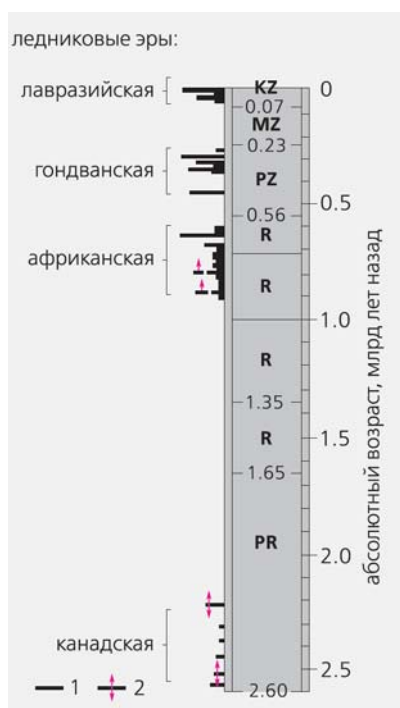
полушария стали периодически возникать мощные покровные ледники. Широкими языками они растекались далеко к югу, в область умеренных широт. Современные ледники Антарктиды и Гренландии — это сохранившиеся крупные фрагменты континентальных ледниковых покровов прошлого, позволяющие зримо представить палеоландшафты древних ледниковых пустынь, неоднократно возникавших в геологической истории Земли в областях полярных и умеренных широт.

Установлено, что Антарктида в последние 100 млн лет располагается в Южной полярной области, а ее покровное оледенение возникло по причине образования циркумполярного течения, блокировавшего меридиональный теплообмен в океане. Оледенение началось в горах Восточной Антарктиды, в дальнейшем образовался кон-



Ледяная пустыня Антарктиды.

Фото В.Н.Государева



Ледниковые эры в истории Земли [2].
 1 — оледенения;
 2 — возможные возрастные пределы оледенений;
 длина линий пропорциональна числу материков, на которых известны ледниковые отложения.
 KZ — кайнозой, MZ — мезозой, PZ — палеозой, R — рифей, PR — протерозой.

тинентальный ледниковый покров, достигший максимума около 5.5 млн лет назад и превышавший площадь нынешнего в 1.5 раза [2].

По материалам первых советских антарктических экспедиций физико-географ А.И.Орлов выполнил ландшафтное районирование Антарктиды, выделив в ледниковой зоне подзоны ледникового покрова, ледникового склона и края ледникового покрова. А в пределах этих структур — ландшафты снежных пустынь Мирового полюса холода, пустынь с характерными формами ледникового микрорельефа, а также высокогорных оазисов, выводных ледников и ледоломов [3]. Учитывая, что определяющее обстоятельство образования ландшафтов ледниковых пустынь — обширный и мощный ледяной купол, существовавший в гляциальные эпохи Земли, — можно полагать, что и в лавразийскую гляциоэру имели место ландшафты, характерные для центральных частей таких куполов с максимально холодным климатом, а на их склонах с сильными стоковыми ветрами — так называемые заструженные фор-

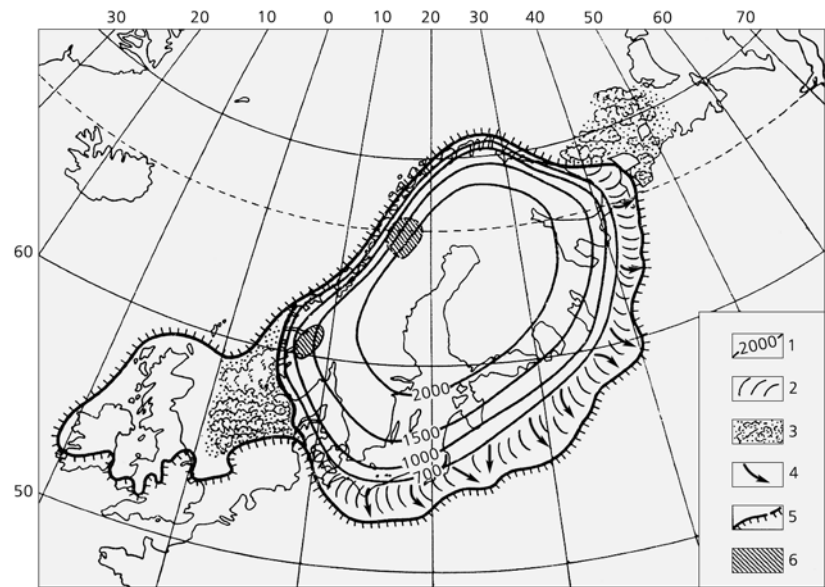
мы микрорельефа, а также ландшафты зон абляции и разгрузки каменного материала в море или на сушу с менее суровым климатом и разнообразными формами рельефа.

В кайнозойскую ледниковую эпоху, помимо постоянно существовавших ледяных покровов в полярных районах Земли, периодически образовывались обширные ледники, распространявшиеся в умеренные широты. Особенно масштабно это проявлялось в Северном полушарии, где только за последний 1 млн лет не менее пяти-шести раз возникали огромные массивы континентального льда, достигавшие в Европе 50°, а в Северной Америке — 40°с.ш. В крупных чертах и по своей структуре они во многом были весьма сходны с современными ледниковыми покровами Антарктиды и Гренландии. Данные, полученные на Шестом континенте советскими исследователями антарктических экспедиций в 50-х годах, позволили географам К.К.Маркову и А.П.Капице [4] предположить, что древние ледниковые купола имели профиль, близкий к правильной эллиптической кривой, свойственной современным ледниковым массивам, и, следовательно, сходную структуру ландшафтной зональности. Это были огромные (до 13 млн км² и более) ледяные покровы с мощностью льда несколько километров, часто состоящие из нескольких куполов, с гористым подледным рельефом. Из центров аккумуляции осуществлялся отток льда в соседние низменные районы.

Достаточно хорошо изученное Валдайское оледенение позволяет представить, как выглядели ландшафты того времени в Европе. Валдайский ледник площадью 2748 км² и объемом 4.8 млн км³ располагался на северо-западе Европы с центром в районе Ботнического залива, где мощность льда достигала 2 км [5]. Ледяной купол был асимметричным, с крутым се-

ро-западным склоном, где господствовали сильные стоковые ветры, обращенным к Баренцеву морю, и более выположенным — на юго-востоке с несколькими лопастями выводных ледников. Ландшафты этой зоны, располагавшиеся ниже изогипсы 0.7 км, по строению не были сходными с аналогичными по положению участками антарктического ледникового покрова. Здесь располагалась широкая полоса — «кайма» — маломощного льда конца выводных лопастей ледников, разобренных неровностями коренного рельефа, с холмами и грядами моренного материала и полями мертвого льда [2]. Климат на этих периферийных участках был не столь суровым и позволял существовать в теплые сезоны разреженному покрову скудной растительности, а ландшафты настоящей ледниковой пустыни здесь существовали только в холодное время года.

Валдайское оледенение Европы было относительно скромным по размерам по сравнению с другими кайнозойскими ледниковыми покровами Северного полушария. Особенно грандиозными они были в Северной Америке [6]. Здесь 11.5—9.0 тыс. лет назад существовал огромный лаврентийский ледниковый покров, сопоставимый по площади с оледенением Антарктиды и даже превышавший его. Первоначально он зародился в горах Квебека и Лабрадора, а по мере наращивания льда, активно происходившего за счет влаги воздушных масс Северной Атлантики, его центр расширялся и смещался к югу и юго-востоку, пока, около 10 тыс. лет назад, оледенение не достигло максимума. При большой площади и мощности ледника, состоявшего из нескольких локальных купольных поднятий, можно предполагать широкое распространение в это время палеоландшафтов ледяной равнины с выположенным волнистым рельефом и климатом арктической пустыни. По мере раз-



Валдайский ледниковый щит [6].

1 — изогипсы поверхности материкового льда (высоты над современным уровнем моря); 2 — периферический покров; 3 — участки вероятного образования шельфовых ледников и скоплений айсбергов; 4 — лопасти выводных ледников; 5 — граница области максимального распространения материкового льда; 6 — районы возможного образования местных центров растекания.

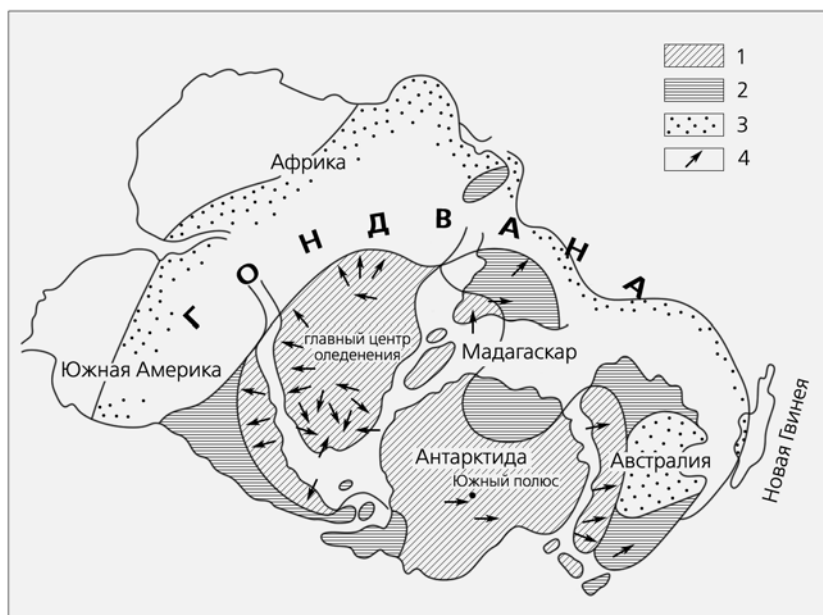
растания оледенения расширение такого типа палеоландшафтов, по-видимому, происходило за счет сокращения площади ландшафтов, характерных для склонов ледяных куполов с системой стоковых ветров. Большое распространение также получили ландшафты, типичные для участков абляции ледника. При их структурном разнообразии общим для них было отсутствие сплошного ледникового покрова и менее суровый (циклонический) климат.

В **гондванскую гляциоэру в позднем палеозое** макроматерик Гондвана объединил Африку, Южную Америку, Индию, Австралию и Антарктиду, вследствие континентального дрейфа расположился в полярных областях Южного полушария и испытал обширное оледенение [7]. Общая продолжительность гондванского оледенения оценивается в 100 млн лет, особенно сильным оно было в интервале 310—270 млн лет

назад. В это время обширный массив льда многокилометровой мощности располагался в Южной Африке. Он состоял из нескольких слившихся ледяных куполов и по площади в несколько раз превышал современное оледенение Антарктиды. Радиально растекавшиеся из основного купола ледники достигали 30—35° ю.ш. По периферии Гондваны, в горах Южной Америки, Северной Индии и Восточной Антарктиды, существовали самостоятельные ледниковые купола.

Оледенение Гондваны протекало не одновременно, в первую очередь оно охватило Южную Америку и Намибию, в дальнейшем Южную Африку и Мадагаскар, Индию и Аравийский п-ов, а позднее Австралию и Восточную Антарктиду.

Судя по частому присутствию в разрезе ледниковых пород осадков морского происхождения, можно полагать, что гондванские ледники в основ-



Пермско-каменноугольное оледенение Гондваны [7].

- 1 — области распространения ледниковых покровов,
- 2 — прочие области оледенения,
- 3 — районы распространения ископаемых папоротникообразных,
- 4 — направления движения льда.

ном разгружались в окружающие моря. В этих случаях палеоландшафты ледниковых окраин, по-видимому, были сходны с ландшафтами выводных ледников и смежных участков льдоразделов Антарктиды — хаотичному нагромождению разбитых трещинами ледовых блоков, перемежающихся с потоками льда выводных ледников, образующих шельфовые ледники и отколовшиеся от них айсберги.

В более редких случаях, когда разгрузка осуществлялась в низменных районах континентов, палеоландшафтная ситуация могла быть сходной с обстановкой, отмечавшейся во время деградации позднеплейстоценовых ледников, располагавшихся на равнинах Восточной Европы и Северной Америки. Здесь отмечалось быстрое сокращение мощности льда в лопастях выводных ледников, а расположение последних прямо зависело от подледного рельефа. Были характерны обширные площади мертвого льда, находившиеся среди нагроможде-

ния холмов моренного материала. Таким образом, в ледниковых районах Гондваны, возможно, существовали ландшафты, сходные с Антарктикой.

В 1960—1970-е годы французскими геологами в массиве Ахаггар в центре Сахары были получены прямые доказательства существования раннепалеозойского оледенения (ордовика), предсказывавшиеся ранее. Здесь были открыты ордовикские тиллиты. В настоящее время следы этого оледенения выявлены в Южной Африке, Южной Америке, Западной Европе и Аравии. Оно развивалось стадийно (отмечается от трех до 20 ледниковых эпох) и, возможно, охватывало не только поздний ордовик, но и ранний силур.

В максимуме оледенения (около 450 млн лет назад) его площадь, по разным оценкам, составляла от 6—8 до 20 млн км² и более. Ледниковый массив простирался на 4000 км с запада на восток и на 2000 км с севера на юг. Центральный ледниковый купол с мощностью льда до 3 км

находился на юге Сахары, откуда ледники расползались в воды окружающего материк океана. Можно полагать, что здесь в максимуме похолодания на обширной площади Центральной Африки существовали палеоландшафты ледниковых пустынь, свойственные гигантским ледяным куполам с крайне суровыми климатическими условиями. Основная разгрузка льда происходила в океан. Морской край ледника, возможно, был неустойчивым, с катастрофическим распадом, соответствующими были и палеоландшафты ледяных куполов — с контрастным ледово-глыбовым рельефом, циклоническим климатом и присутствием шельфовых ледников. Можно полагать, что континентальная разгрузка ледников и соответствующие наземные палеоландшафты отмечались во время конечной стадии дегляциации ледников, когда из-под льда освобождались низменные участки приморской суши.

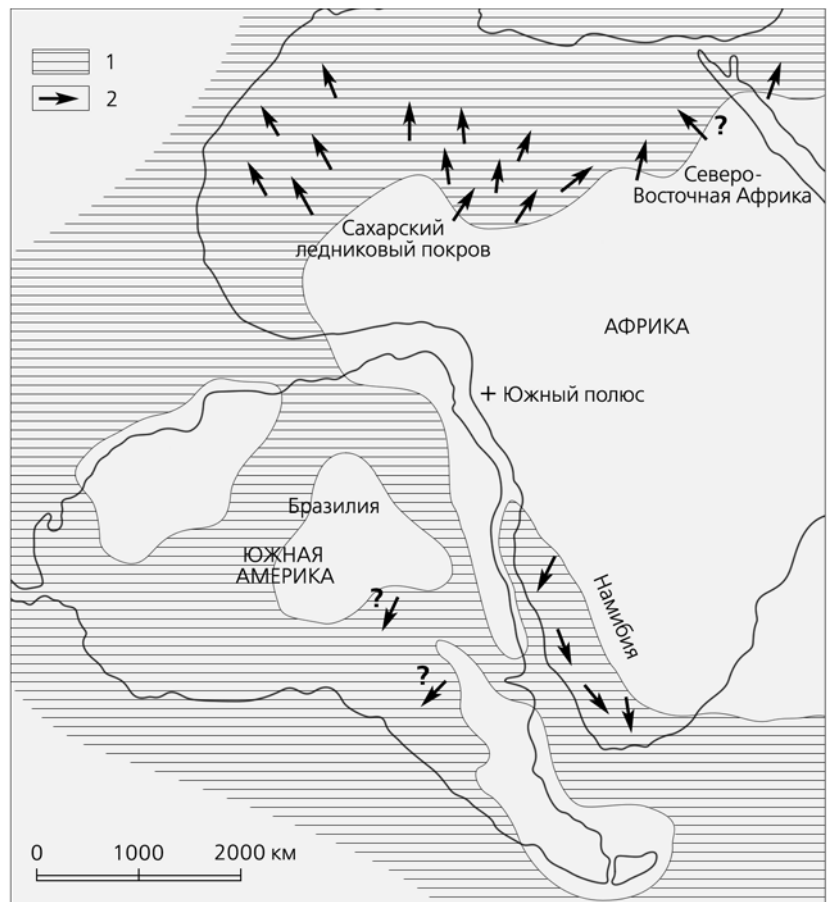
К африканской гляциоэре относятся следы трех крупных позднепротерозойских ледниковых эпох: конголезской (900—800 млн лет назад), стерстской (780—720 млн лет назад) и лапландской (670—630 млн лет назад) [2]. Они отмечаются практически на всех материках, кроме Антарктиды, и особенно широко в Африке, Европе, Северной Америке, Китае и Австралии, где оледенения имели покровный характер. Палеоландшафты крайне суровой ледяной пустыни, вероятно, были характерны для обширных ледяных куполов с мощностью льда 2.5 км и более, распространенных на востоке Европы с центром в Карелии. В соответствии с присутствием континентальных и морских ледниковых отложений, здесь выделяются две разные периферические зоны разгрузки ледников. На юге днепровско-окского района, где таяние происходило на суше, были характерны континентальные палеоландшафты.

В районах северо-западного побережья Скандинавии и верховьях р.Камы ледниковая разгрузка осуществлялась в море и, частично, на осушенном шельфе. Для этих районов, вероятно, были типичны палеоландшафты с контрастным ледниковым рельефом нижних участков склонов ледяных куполов и устьевых частей выводных ледников, сгружавших обломочный материал на затопленном и полузатопленном шельфе, господство циклонической погоды и сильных ветров.

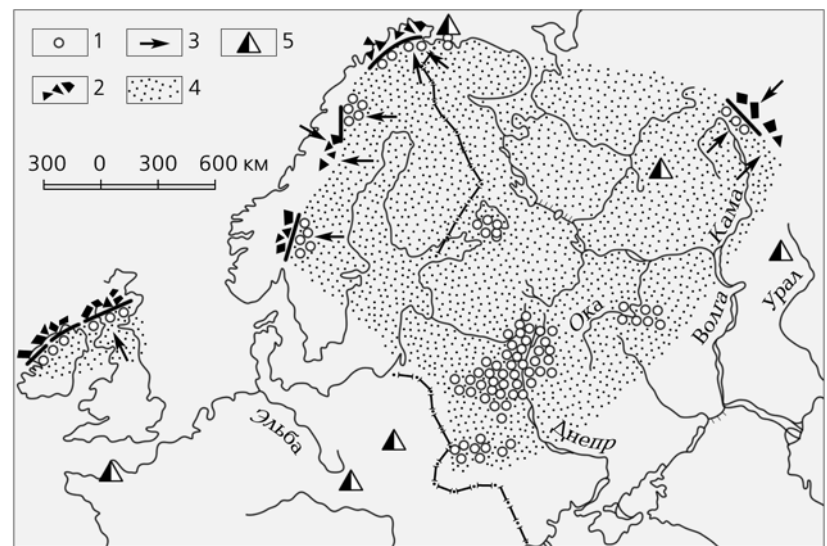
Судя по широкому распространению ледниково-морских отложений, сходные ландшафты могли существовать в позднем протерозое по периферии ледниковых массивов в Центральной Австралии, Африке и Северной Америке.

К **канадской гляциозере** относят достоверные следы покровных оледенений раннего протерозоя. Они отмечаются во временных интервалах 2.5–2.3 и 2.2–2.0 млрд лет назад. В разрезе мощной (около 12 км) толщи нижнепротерозойских пород оз. Гурон в Канаде обнаружены три крупные формации ледниковых пород. Наиболее молодая из них — формация Гауганда возрастом 2.3 млрд лет, — распространена на площади около 120 тыс. км² и свидетельствует о том, что в это время на юго-востоке Канады располагался обширный ледниковый покров с радиальным разносом ледникового материала. Вдоль его восточного края существовали шельфовые моря, в которые выходили ледники. Следы более молодых ледниковых покровов установлены на юге Африки и предполагаются на Балтийском щите, в Индии и Австралии.

Судя по большой (несколько километров) мощности ледниковых горизонтов и их сложном строении, можно предполагать большую длительность, масштабность и неоднократность раннепротерозойских оледенений. В максимумы оле-



Районы обнаружения следов ордовикского оледенения [7].
1 — океан, 2 — следы оледенения.



Палеогеографическая схема лапландского оледенения Европы.
1 — континентальные ледниковые отложения; 2 — мариногляциальные отложения; 3 — направления движения ледников; 4 — предполагаемый лапландский ледниковый покров; 5 — гаплоиды того же или близкого возраста.

денения они, подобно кайнозойским покровам, были очень обширными и, вероятно, распространялись в умеренные широты планеты. Возможно, были сходными и палеоландшафты ледниковых пустынь, существовавшие на ледяных купо-

лах, их склонах и в местах разгрузки льда в морские бассейны и на низменные районы суши. Однако помимо сходства, между современными ландшафтами ледяных пустынь и их древними аналогами, несомненно, существовали и различия, связан-

ные с принадлежностью к разным геологическим эпохам, разницей в продолжительности существования и динамике накопления, истечения и абляции льда, а также структурно-тектонической и природно-климатической обстановкой. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 05-05-044297.

Литература

1. Чумаков Н.М. Докембрийские тиллиты и тиллоиды. М., 1978.
2. Котляков В.М. Гляциология Антарктиды // Избр. соч. Кн.1. М., 2000.
3. География Антарктиды. М., 1968.
4. Марков К.К., Капица А.П. Гляциология Антарктиды и вопросы палеогляциологии // Антарктида. Докл. Межвед. комис. по изучению Антарктики. Сб.2. М., 1962.
5. Асеев А.А. Древние материковые оледенения Европы. М., 1974.
6. Величко А.А., Кононов Ю.М., Фаустова М.А. Последнее оледенение Земли в позднем плейстоцене // Природа. 1994. №7. С.63—68.
7. Зимы нашей планеты / Ред. Б.Джон. М., 1982.

Геофизика

Модель геодинамо

Впервые в лабораторных условиях геофизики воспроизвели магнитное поле, аналогичное земному. Эта модель позволяет проверить гипотезу геодинамо, которая объясняет существование магнитного поля Земли.

Геодинамо имеет своим источником конвективные течения, существующие на глубине от 2900 до 5100 км. Они и приводят в движение расплавленное железо и никель внешнего ядра Земли. Эти движения жидкого металла генерируют электрические токи, которые в свою очередь индуцируют магнитное поле.

Поскольку расчеты по численным моделям этого явления дают самую общую его картину,

возникла идея воссоздать магнитное поле малого масштаба в лаборатории. После 10 лет безуспешных попыток специалистам Национального центра научных исследований и других научных учреждений Франции удалось воспроизвести эффект динамо в емкости, заполненной жидким натрием, который приводится в движение двумя моторами, вращающимися в перпендикулярных направлениях. Специалисты отметили, что фигура возникающего магнитного поля могла меняться случайным образом, очень сходным с тем, что происходит с полем Земли. Это первое наблюдение эффекта динамо может приблизить специалистов к пониманию генезиса магнитного поля Земли.

Science et Vie. 2007. №1076. P.42 (Франция).

Гляциология

Воздействие приливов на скорость ледовых потоков

Расход ледовых потоков, которые дренируют верхний покров Антарктиды, колеблется в зависимости от амплитуды приливов. Основанием для такого заключения, к которому пришел Х.Гудмундсон (H.Gudmundsson; Британская антарктическая служба), послужило исследование изменений скорости одного из таких потоков льда за одномесечный период.

Скорость ледового потока измерялась по реперам GPS (Глобальной спутниковой системы позиционирования), установленным на поверхности движущегося льда. Скорость перемещения этого ледового язы-

ка менялась в пределах от 0.9 до 1.2 м/сут, следуя за сильными или слабыми приливами. Результат исследования впечатляет прежде всего тем, что воздействие приливов было зафиксировано почти в 100 км от побережья!

Пока что единственной причиной, которая, возможно, объясняет такую ситуацию, служит текучесть осадков, лежащих подо льдом и позволяющих льду лучше скользить. Эту гипотезу следует принять в расчет при оценках количества льда, перемещающегося с континента в океан, и его воздействия на подъем уровня океанских вод.

Science et Vie. 2007. №1074. P.30 (Франция).

Охрана природы

За бабочку – в тюрьму

В США за торговлю бабочками, находящимися под угрозой исчезновения, присуждается 21 мес. тюремного заключения и 30 тыс. долл. штрафа. К такому наказанию был приговорен 56-летний подданный Японии Х.Косима, арестованный в аэропорту Лос-Анджелеса: в его багаже обнаружили экземпляры самой крупной бабочки в мире — *Ornithoptera alexandrae* (известна как королева Александра, является эндемиком северной части Папуа—Новая Гвинея) и махаона Гомера (*Papilio machaon Homerus*) — самой большой бабочки Северного полушария, обитающей на о.Ямайка. Каждый экземпляр стоил 8500 долл.

Sciences et Avenir. 2007. №724. P.35 (Франция).

Археология

Происхождение этрусков

Результаты генетических исследований, проведенных группой итальянских, америка-

нских и немецких специалистов, дают основания говорить о предках этрусков как о выходцах с Ближнего Востока, родственных палестинцам и сирийцам.

Основные сведения об этрусках — древних племенах, населявших в I-м тысячелетии северо-запад Апеннинского п-ова (область Этрурию, современную Тоскану) и создавших развитую цивилизацию, предшествовавшую римской, дают греческие и римские авторы, а также археологические материалы. Согласно античной традиции, этруски считались выходцами с Востока. Геродот, который в V в. до н.э. посещал Лидию (современная Турция), сообщает, что жители этого района Малой Азии из-за голода построили суда и, снабдив их всем необходимым, сначала направились к Смирне (ныне турецкий г.Измир), а затем в Умбрию (Центральная Италия). В современной науке преобладает мнение, что пришельцы с Востока были только частью этнических групп, участвовавших в формировании этрусков на территории Италии, — эта народность образовалась в результате сложного взаимодействия местных и пришлых племен.

Этруская цивилизация господствовала на северо-западе Италии до своего заката, наступившего после нашествия римлян в 264 г. до н.э. Если в самой Италии этрусков долгое время считали коренным населением, то работа международной группы генетиков, исследовавших митохондриальную ДНК жителей г.Мурло (область Тоскана), оказалась по результатам созвучна сведениям Геродота.

Примечательно такое совпадение: недавние генетические исследования пород выращиваемого в Умбрии крупного рогатого скота, проведенные сотрудниками Университета Плезанс, показали, что предки

этих животных обитали в Восточном Средиземноморье. По мнению Ж.-П.Тьюлье (J.-P.Thuillier; Педагогический институт Франции), эти новые материалы расходятся с теми, которые к настоящему времени накоплены в Италии о предках этрусков: целые группы эмигрантов из Малой Азии могли вполне успешно смешиваться в Этрурии с местным населением.

Sciences et Avenir. 2007. №724. P.25 (Франция).

Микробиология

Живой цемент

Почвенная бактерия *Bacillus pasteurii* способна в присутствии мочевины цементировать песчинки. Это открытие, сделанное Дж.Де-Джонгом (J.De-Jong), профессором гражданского строительства Калифорнийского университета, позволяет придать жесткость и плотность рыхлым и сыпучим почвам и таким образом защитить здания при сейсмических толчках.

B.pasteurii повышает pH почвы и способствует образованию карбоната кальция, который склеивает песчаные зерна. Бактерии можно использовать вместо применяемых ныне для затвердевания почв химических препаратов, например эпоксидных смол.

С помощью имитатора сейсмических толчков предполагается провести испытания потенциальных возможностей предложенного метода.

Science et Vie. 2007. №1076. P.44 (Франция).

Космические исследования

Серебристые облака изучает спутник

Американский спутник «AIM» («Aeronomy of Ice in the Mesosphere» — «Аэрономия

льда в мезосфере»), запущенный в апреле 2007 г., в июне получил первые снимки серебристых облаков. Эти очень тонкие облака, появляющиеся в высоких широтах Земли в лучах заходящего солнца, формируются в мезосфере на очень большой высоте, порядка 80 км, и до сих пор остаются загадкой для ученых.

Снимки, сделанные со спутника «AIM», показывают их протяженность над арктическими районами и дают информацию об их структуре, вплоть до размера образующих их частиц льда.

Поставив целью отследить два полных сезона формирования и эволюции этих облаков над Северным и Южным полюсами Земли, специалисты надеются уяснить, почему они становятся все более яркими и формируются все чаще над все более низкими широтами. Возможно ли, что эволюция серебристых облаков — это предупреждение об изменении климата, которое разворачивается на нашей планете? Ответ на этот вопрос ожидают получить через два года.

Science et Vie. 2007. №1079. P.10 (Франция).

География

О жизни древних инков рассказывают... клещи

Для изучения условий жизни и занятий южноамериканского племени инков международная группа специалистов из Института исследования развития и Национального центра научных исследований (Франция), Университета Сассекса (Великобритания) и Университета Чикаго (США) использовала... клещей.

Известно, что некоторые виды растительноядных клещей свободно живут в почве, в разлагающихся органических остатках, в навозных ку-

чах. Их кутикулы (жесткие покровы) остаются в почве; в значительных количествах присутствуя на пастбищах, они служат маркерами интенсивного передвижения домашнего скота и путей миграции населения.

Пастбищная зона, прилегающая к караванному пути лам, проложенному в районе перуанского оз.Маркакоча, была выбрана исследователями для оценки предложенного метода. Он оказался успешным: обилие органических остатков клещей, питавшихся экскрементами выючных животных, отразило период расцвета империи инков в XV в., характеризовавшийся интенсивным скотоводством. К такому выводу ученые пришли, получив образцы почвы с разных горизонтов и датировав их. Почти полное исчезновение кутикул в верхних горизонтах почвы указало на то, что количество выпасаемого скота существенно сократилось, прекратился и перегон лам.

Уменьшение стад одомашненных животных ученые связывают с началом испанского завоевания, приведшего, кроме того, к эпидемиям и уничтожению государства инков.

Science et Vie. 2007. №1077. P.16 (Франция).

Метеорология

Предсказание гроз

Для метеоролога-прогнозиста самый трудный объект — это грозы: дать их прогноз достаточно заблаговременно и избежать таким образом человеческих жертв и материальных потерь крайне трудно. Ныне метеослужба Франции (МетеоФранс) приступила к использованию суперкомпьютера SX-SR, который может отслеживать формирование грозовых ситуаций и давать прогноз еще до того, как грозы обретут раз-

рушительную силу. Он установлен в Тулузе под землей на площади 110 м² и фактически состоит из двух компьютеров, именуемых Сумо и Тори. Под монотонный гул вентиляторов эта длинная шеренга шкафов, украшенных мигающими диодами, выдает одну из самых точных и сложных в мире метеорологических моделей, которую назвали «Аром». К ее эксплуатации было намечено приступить с начала 2008 г., но в операционном режиме она используется уже с 9 мая 2007 г.

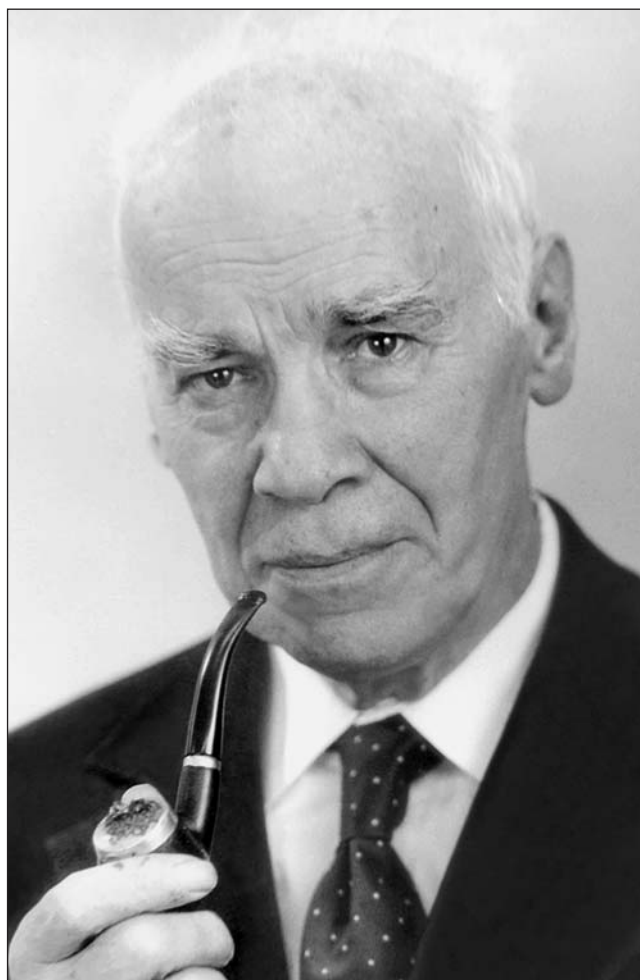
Модель «Аром» заменит модель «Аладин», по которой рассчитывают метеорологические параметры на несколько ближайших часов. Но на территории Франции эти параметры получают по сетке с шагом в 10 км, и выявить атмосферную депрессию, центр которой расположен на удалении менее 10 км, невозможно. По модели «Аром» шаг будет не более 2.5 км. Это позволит обнаружить метеорологические изменения между восточной и центральной частями Парижа и отмечать очень небольшие грозовые образования, которые сейчас остаются незамеченными. К 2010 г. шаг расчетной сетки для «Аром» составит 2 км. Затем вычислительный потенциал SX-SR будет дополнен информацией от размещенных по всей территории страны радаров, которые фиксируют дождевые образования, и приемников GPS, которые составляют трехмерную карту влажности. Время прихода сигналов GPS от спутников до приемника зависит от влажности воздуха, что позволяет получать достоверную томографию водяного пара.

МетеоФранс концентрирует внимание на особо сложных в прогностическом отношении областях — над горными районами вблизи аэропортов.

Sciences et Avenir. 2007. №725. P.38 (Франция).

«ТРАДИЦИИ — НЕ ПЕПЕЛ, А ОГОНЬ»

К 100-летию Исаака Константиновича Кикоина



Исаак Константинович Кикоин родился 28 марта 1908 г. в провинциальном городе Жагары близ Вильно. Отец, Константин Исаакович, школьный учитель математики, был весьма образован, прекрасно знал французский, немецкий, греческий языки и латынь. В семье было пятеро детей. Мать, Буня Израилевна, окончила прогимназию, после замужества занималась детьми и домом.

«В 1915 г., ввиду наступления немцев, — пишет Исаак Константинович в автобиографии, — были эвакуированы всей семьей и до 1916 г. жили в г. Люцине Витебской губернии». Затем семья переехала в Псковскую губернию. После окончания псковской школы и Псковского землемерного училища он в 1925 г. поступил в Ленинградский политехнический институт. Несколько лет спустя по его стопам пошел младший брат Абрам, в будущем известный физик, профессор. Имя А.К.Кикоина часто упоминается в литературе. Родители оставались в Пскове. Отец умер до начала Великой Отечественной. А мать погибла от рук фашистов.

Но вернемся в конец 20-х. Еще будучи студентом, Кикоин стал препаратором в Ленинградском физико-техническом институте. Здесь началась его научная карьера. По окончании института он



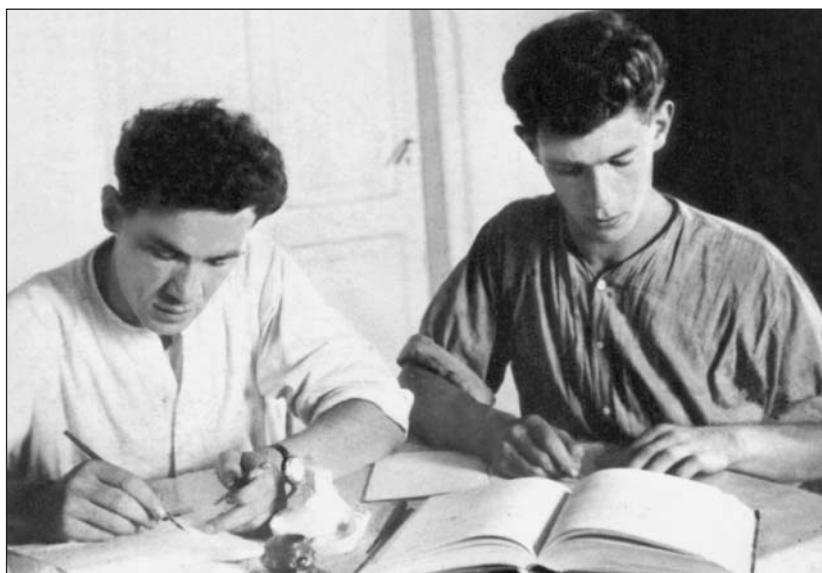
Отец Константин Исаакович. Мать Буня Израилевна.



Исаак Константинович — студент Псковского землемерного училища. Рядом — сестра Елизавета. 1925 г.



Псков, ул.Успенская, д.9.
Отсюда Исаак Константинович
уезжал учиться в Ленинград.



С братом Абрамом, студентом
Ленинградского политехнического
института. 1932 г.

был отправлен на стажировку в Германию и Голландию, а потом назначен заведующим (по тогдашней номенклатуре – бригадиром) лабораторией гальваномагнитных явлений в Ленинградском физико-техническом институте. «Тогда уже, – отмечает Исаак Константинович, – определилась область моих научных интересов – физика металлов».

Свою работу в Физтехе Кикоин начинает с весьма искусных экспериментов по исследованию эффекта Холла в жидких металлах (1931–1933), дав при этом оценку его величины.

Следующий шаг – измерение изменения сопротивлений жидких металлов в магнитном поле.

В 1933 г. Кикоин приступает к циклу исследований, цель которых – анализ влияния магнитного поля на фотоэлектрические эффекты в полупроводниках. Открытие нового фотоманитного эффекта сделало эти работы классическими. Они легли в основу докторской диссертации, которую он защитил в 1935 г.

Спустя год Кикоин начинает работать в Свердловске, в новом Уральском физико-техническом институте, где он и руководимый им коллектив продолжают развивать прежнее направление в области физики металлов. Вместе с тем появляются технические задания, вызванные потребностями уральской промышленности. С началом Великой Отечественной войны лаборатория Кикоина, уже имевшая опыт решения прикладных задач, целиком переключилась на оборонную работу.

За создание нового типа амперметров для измерения очень сильных токов Кикоину и его сотрудникам была присуждена Сталинская премия. Исаак Константинович избирается членом-корреспондентом Академии наук.

С 1943 г. в стране наступает эпоха развития атомной науки и техники. И.В.Курчатов привлекает Кикоина к разработке всего комплекса проблем. Исаак Константинович участвует в создании Лаборатории №2 (ныне РНЦ «Курчатовский институт»), где работает до конца жизни. Кикоин становится научным руководителем одного из ведущих направлений урановой проблемы – разделения изотопов урана с целью получения изотопа уран-235. Он демонстрирует редкое сочетание таланта физика, инженера и руководителя больших коллективов людей, а также организатора промышленности. В результате – исключительно успешное решение поставленной задачи: пуск завода по получению высококонцентрированного изотопа уран-235.

В 1953 г. Кикоин избирается действительным членом Академии наук.

Параллельно с основными работами он возвращается, и весьма плодотворно, к физике твердого тела.

Наряду с научной работой Кикоина глубоко занимает воспитание молодых физиков, преемственность поколений.

В последние свои годы он включился в работу по реформе школьной программы, возглавлял Комитет по школьным олимпиадам, организовал вместе с академиком А.Н.Колмогоровым первую в стране физико-математическую школу, создал новые программы по физике и написал учебники для школьников.

Академик Кикоин был организатором и главным редактором первого популярного физико-математического журнала «Квант» для юношества.

28 декабря 1984 г. Исаак Константинович скончался.

Уместно закончить это краткое вступление словами академика Ю.М.Кагана, которые подводят итог сказанному: «Блестящий физик-экспериментатор, известный своими пионерскими работами в физике твердого тела, он принадлежал к той плеяде ученых, которые с 30-х годов определяли лицо физической науки в стране и сыграли решающую роль в формировании современного уровня физического образования. С первых дней становления Атомного Проекта в стране он становится научным руководителем одного из важнейших направлений, связанных с проблемой разделения изотопов урана. Успешное решение этой сложнейшей проблемы, приведшее к созданию уникальной промышленности в стране, в существенной степени связано с именем И.К.Кикоина. Оставаясь на посту научного руководителя в течение сорока лет, он демонстрировал редкое сочетание таланта ученого и инженера. Его научные достижения и заслуги перед страной были отмечены многочисленными наградами. И.К.Кикоин был дважды удостоен звания Героя Социалистического Труда, ему были присуждены Ленинская и шесть Государственных премий, высшая награда Академии наук – Золотая медаль имени М.В.Ломоносова, он был награжден семью орденами Ленина...

Заложенные им традиции по сей день служат эталоном отношения к науке, фундаментальной и прикладной, а также умения создавать исключительно творческий и дружественный климат в коллективе».

Тексты, которые мы предлагаем нашим читателям, представляют собой редакционный вариант отдельных материалов, вошедших в юбилейный сборник «И.К.Кикоин – физика и судьба». (Сост. С.С.Якимов, Е.З.Мейлихов, С.Д.Лазарев, Д.И.Арнольд.) М.: «Наука», 2008. Редакция благодарит составителей и авторов за доброжелательное сотрудничество.

Кружево центрифуг

Академик И.Н.Фридляндер

В начале 50-х годов ко мне в ВИАМ (Всесоюзный институт авиационных материалов) приехал высокий худощавый человек с высоким лбом и умными, смеющимися глазами. Стояло лето, дождливая погода, он был в кепке, которая тогда вышла из моды, и в галошах, которые вышли из моды еще лет за 20 до этой встречи. Но это была его привычная форма. Когда позднее я часто бывал в Курчатовском институте и в самом закрытом отделении этого института, то, пройдя охрану, взглянув на вешалку и увидев кепку и галоши, понимал, что хозяин этих вещей на месте.

А пока что я впервые встретился в моем маленьком кабинете в ВИАМе с мало известным широкой публике, но очень хорошо известным в атомных кругах академиком Исааком Константиновичем Кикоиным, дважды Героем Социалистического Труда, лауреатом Ленинской и Государственных премий СССР. Он сообщил мне, что работает над атомной центрифугой и ему нужен алюминиевый сплав, в котором сочетались бы малый удельный вес алюминия с прочностью среднелегированной стали. Он добавил, что этот проект сулит огромные выгоды. Речь шла об обогащении урана-235 методом центрифугирования. После обогащения уран-235 идет на атомные электростанции и для изготовления бомб. В центрифугах под влиянием центробежных сил молекулы UF_6 , содержащие более тя-

желый изотоп (уран-238), отесняются к стенкам, а с ураном-235 — направляются к центру. Обогатившись в первой центрифуге, материал с ураном-235 идет в следующую центрифугу. Чтобы получить необходимую концентрацию урана-235, нужны цепочки из многих центрифуг, а сама центрифуга должна вращаться со скоростью 1500 оборотов в секунду.

Новый метод должен был заменить существующий газодиффузионный способ обогащения урана-235, требующий колоссальных расходов электроэнергии. Центрифуги позволяют в десятки раз сократить ее расход, сделать уран-235 значительно более дешевым, причем можно легко увеличить его выпуск до любых необходимых объемов.

У нас уже был большой задел, мы имели большие успехи в широком применении разработанных нами сплавов в авиации и ракетах.

Теперь нам предстояло создать сплав для очень конкретных и очень сложных условий работы — например, центрифуги должны непрерывно работать при максимальных оборотах в течение многих лет. В работу включились многие коллективы, специальное конструкторское бюро, Каменск-Уральский металлургический завод (КУМЗ), машиностроительные заводы, которые из металла, поставленного КУМЗом, должны были делать центрифуги, и, наконец, заводы, где эти центрифуги устанавливались, крутились и выдавали обогащенный уран-235. Все работы во всех организациях велись очень

энергичными темпами. В конце концов нам действительно удалось создать сплав максимальной прочности, превосходящий все то, что было известно ранее и теперь в мировой практике.

Регулярно все сподвижники собирались в Курчатовском институте у Кикоина. Обычно сбор проходил во второй половине дня, и после обсуждения накопившихся вопросов в кабинете переходили в заднюю комнату, где гостей ожидали чай, кофе, сдобные булочки, фрукты. Сам хозяин ничего не ел — у него была язва желудка, которую он заработал, решая сложнейшую задачу по атомной технологии. При выполнении этих работ Кикоина бдительно стерегли — его всюду сопровождали сотрудники спецслужб, и даже домашняя работница была из тех же ведомств, правда, к тому времени, что я описываю, эта личная охрана была уже снята.

Прошло время, и огромные цеха специализированных заводов, начиненные бешено вращающимися центрифугами, начали выдавать во все возрастающих количествах обогащенный уран-235. Правда, в самих цехах, где все это происходило, бешеные скорости никак не проявлялись: полнейшая тишина, чистота, безукоризненный порядок, людей почти не видно — работает автоматика. Многоэтажные цепочки центрифуг диаметром более 100 мм и высотой 1000 мм протянулись на такие расстояния, что операторы перемещались на велосипедах.

В 1963 г. группу специалистов — И.Н.Фридляндера, Е.И.Кутайцеву, А.Е.Семенову (ВИАМ),

К.Н.Михайлова, В.И.Баранчикова (КУМЗ), Ф.И.Квасова (начальник металлургического Главка Министерства авиационной промышленности) — наградили Ленинской премией.

В 1974 г. лечу на Урал на юбилей атомного завода, рейс запаздывает, прилетаю поздно, но нас встречает «Волга», на ветровом стекле которой наклейка «Без пропуска, вне очереди». Очень приятная наклейка, ведь едем в закрытый город, полностью обнесенный колючей проволокой, с вышками наблюдения и всеми другими атрибутами закрытости.

В коттедже знакомая публика, все те, кто работает с центрифугами. На столе закуски и выпивки, какие только душе угодно, большое преимущество в те времена — хорошее снабжение продуктами и промтоварами сильно скрашивало всякого рода ограничения жителей закрытого города. В два часа — торжественное заседание. Однако все заседание и весь юбилей проходят совсем не по стандартам тех времен, просто короткая официальная часть, а дальше — веселый праздник. Сразу начинается телевизионное ревью. Экран на всю стену. Сбоку садятся два диктора, они открывают программу «Нутровидения». В шуточных сценках, песнях, стихах, танцах показывается полунамеками вся история завода. И.В.Курчатов, И.К.Кикоин, А.И.Чурин — первый замминистра Средмаша, А.Д.Зверев — начальник Главка Средмаша, все директора завода, трудности, неудачи, успехи. Аудитория воспринимает все очень живо, хорошо понимая, что к чему. Подобные шоу на заводе проводятся регулярно. Курчатов и Кикоин вышли из школы академика А.Ф.Иоффе, директора ленинградского Физтеха, а там это было традицией. Кикоина постоянно играет один из ведущих физиков завода Митюхляев, такой же худощавый и долговязый, как оригинал. Кикоин весело смеется, когда на



На Урале. 60-е годы.

сцене пританцовывают и поют, глядя, как Митюхляев-Кикоин передает в руки Курчатова младенца — первый продукт (на заводе никогда не называли продукт настоящим именем).

«Добрый дядюшка Кикоин снова чудеса творит», — шутят физики. К Кикоину вообще очень теплое отношение.

На следующий день — в воскресенье — поехали на озеро, там база отдыха, маленькие легкие домики, лодки, волейбольные площадки, уха. В 17.00 мы спешим в город посмотреть по ТВ завершающий европейское первенство футбольный матч ФРГ — Голландия. Надвинулись черные тучи. По дороге наблюдали удивительное явление: ранее полосу метров 200 прошел вихрь и повалил подряд все деревья, а с обеих сторон от этой полосы деревья стояли нетронутыми. На следующий день мы узнали — на павильон, где мы ели уху, упали два огромных дерева

и смяли его. Если бы не матч ФРГ—Голландия, мы, вероятно, остались бы там.

В два часа ученый совет — защита диссертации. Ведет академик Кикоин. Продолжение главы книги «Физики шутят». В парике и с приклеенной бородой выходит будущий кандидат. Тема диссертации: «Генетический бактериальный способ получения продукта». На полном серьезе он говорит о том, что ему удалось вывести сорт бактерий, которые с помощью несложных аппаратов ПИС-1 и ПИС-2 производят нужный продукт и в виде отходов получается пиво «Исацкое» (от Исаака Кикоина). Тут же диссертант преподнес всем членам ученого совета два ящика пива (правда, не «Исацкое», а чешское). Диссертанту было задано много вопросов, например о назначении правого краника на аппарате ПИС-1, нельзя ли с помощью бактерии производить побочно не только



П.Л.Капица, И.К.Кикоин и Н.Н.Семенов. 60-е годы.

пиво, но и другие дефицитные вещи, например японские зонтики (в то время очень модные и очень дефицитные).

После дискуссии, какое пиво древнее, «Исацкое» или «Тутанхамонское», Кикоин объявил, что поскольку диссертационная работа является чем-то выдающимся и необычным, то и способ голосования должен быть необычным. Он предложил голосовать пивными бутылками. Члены совета уходят в закрытое помещение и там голосуют: если бутылка выпита — голос «за», не выпита — голос «против».

Предполагалось, что в такую жару ни один из членов совета не устоит перед соблазном выпить бутылку холодного пива. Тем не менее из 14 розданных бутылок 12 оказались выпитыми, 1 — не выпита (голос «против»), 1 — наполовину (голос недействительный). После обеда — настоящая защита докторской диссертации, а я отправился на завод обсудить некоторые текущие проблемы поведения деталей центрифуг из нашего высокопрочного сплава.

В 1968 г. 60-летие Кикоина. Я позвонил в Ташкент директору

авиазавода К.С.Поспелову — по моей просьбе он сделал модель самолета «Антей» с размахом крыльев один метр. В ВИАме из магния изготовили большую медаль «Серп и Молот» на оргстеклянной красноватой подставке. Сочинили адрес: «Крутящиеся силы природы связали нас самым прочным в мире кольцом» (центрифуги). Чествование состоялось в большом зале Института Курчатова. За председательским столом академик Александров — директор института и президент АН СССР. «Заседание нашего ученого совета, — начал он, — будет посвящено одному вопросу — восхвалению И.К.Кикоина. Большой президиум избирать не будем. В порядке подхалимажа пригласим первого заместителя министра Средмаша А.И.Чурина и ведающего нашей отраслью в ЦК В.Ф.Гордеева. Ну юбиляра тоже пригласим. Готовясь к этому заседанию, — продолжал Александров, — я взял самый старинный ученый труд — Библию — и в ней прочел, что в один из дней Бог отделил твердь от воды — это была первая экспериментальная работа в той же области, в какой работает наш юбиляр. Потом там сказано, что Авраам породил Исаака, это надо понимать в том смысле, что Абрам Иоффе породил Исаака Кикоина (Кикоин в молодости работал в Ленинградском физико-техническом институте, основанном Иоффе)».

Затем академик А.А.Бочвар объявил о присуждении Кикоину Государственной премии за 1967 г. (у него уже были Ленинская и три Государственные премии). Чуринов объявил о награждении Кикоина шестым орденом Ленина. Четыре девицы в мини-юбках исполнили танец и преподнесли кочан капусты в память о капустниках, где Кикоин всегда был душой общества, ну и так далее. Все это продолжалось часа три, потом — банкет. Всего вволю: коньяки, икра, рыба и т.д. В зале человек триста. Так шумно отметили круглую дату выдающегося академика.

В 1968 г., когда у нас уже крутились сотни тысяч центрифуг, но никакой информации об этом не давалось, все было «СС» (совершенно секретно), в газете «Известия» от 24 декабря 1968 г., цена 3 коп., появилась статья Ю.Корнилова под названием «Вокруг центрифуги». В ней писалось: «Высокий, немолодой уже человек в белом халате с дымящейся трубкой в руках — такой снимок обошел в последнее время страницы многих нидерландских газет. Пресса с гордостью знакомила читателей с профессором Яапом Кистемакером, разработавшим новый способ получения обогащенного урана методом ультрацентрифугирования». Сообщалось, что Голландия, ФРГ и Англия договорились о создании консорциума для получения обогащенного урана методом центрифугирования. Таким путем предполагалось избавиться от дорогостоящих закупок урана в США. Действительно, в течение ряда лет этот консорциум создавал центрифуги не из металла, а из композиционного материала углепластика, соответственно, значительно более дорогого, чем металл, применяемый в наших центрифугах.

Российские центрифуги позволяют снизить в пять раз расходы на получение топлива для атомных электростанций по сравнению с американской и французской диффузионными технологиями, при этом в России достаточно мощностей, чтобы обеспечить треть мировых потребностей в этом топливе. Естественно, что в борьбе за перспективные рынки американцы подняли шум, обвинив Россию в демпинге обогащенного урана. Хотя в действительности дело не в демпинге, а в существенно более совершенной российской технологии. Однако с помощью международного арбитража Вашингтону удалось добиться согласия России на отказ от экспорта урана «по демпинговым ценам». По моему



И.К.Кикоин принимает поздравления по случаю 60-летия. 1968 г.



А.И.Райкин и И.К.Кикоин. 1970-е годы.

мнению, это была вредная и ненужная уступка России американской стороне именно в такой области техники, где преимущество российской технологии несомненно.

В 1998—1999 гг. российский Минатом сделал прорыв, подписав контракт с Китаем на по-

ставку обогатительного завода с российскими центрифугами. Китай пытался создать свою центрифугу, но после многих лет неудач обратился к России.

Так труды российских ученых, конструкторов, технологов наконец находят мировое признание. ■

Два классических эксперимента Кикоина по сверхпроводимости

Е.З.Мейлихов,

доктор физико-математических наук
ГНЦ «Курчатовский институт»

К.Л.Сорокина,

кандидат физико-математических наук
Институт кристаллографии им. А.В.Шубникова РАН
Москва

Исаак Константинович Кикоин был в полном смысле слова блистательным физиком-экспериментатором. В этом легко убедиться на примере двух его классических экспериментальных работ: по эффекту Холла (совместно с Б.Г.Лазаревым, 1933) и гиромангнитному эффекту (совместно с С.В.Губарем, 1938, 1940 и 1946) в сверхпроводниках.

К началу 30-х годов было известно 10 чистых металлов, становящихся сверхпроводниками при достаточно низких ($T < 10$ К) температурах (Ti, Ga, Nb, In, Sn, Ta, Hg, Tl, Pb и Th). Возник естественный вопрос, какие свойства (кроме самого факта сверхпроводимости) отличают металлы-сверхпроводники от остальных металлов при обычных (не очень низких) температурах. В одной из гипотез (В.Мейснер, Х.Лоренц) сверхпроводящий ток относился на счет не «свободных» электронов, а электронов, более или менее прочно связанных с атомами. (Сейчас мы понимаем, что в этой гипотезе «что-то есть»: на современном языке речь идет о слабой или сильной электрон-фононной связи.) Кикоин предположил [1], что «степень связанности электронов

у сверхпроводников и у обычных металлов различна уже при обыкновенных температурах, и именно это отличает сверхпроводники от остальных проводников». «Свобода связи» электронов определяется, как известно, их подвижностью — способностью набирать определенную дрейфовую скорость при движении в электрическом поле, когда ускорение в поле ограничивается неким торможением. Частицы разгоняются не бесконечно, а лишь на длине свободного пробега, после чего из-за рассеяния происходит «сброс» набранной скорости. Подобное рассеяние происходит на всех отклонениях кристаллической решетки от идеального порядка, в том числе на фононах — тепловых колебаниях атомов решетки. Экспериментально подвижность проще всего определить по величинам постоянной Холла R_H и электропроводности σ , так как первая выражается через произведение двух последних. Напомним, что постоянная Холла — это коэффициент в выражении для поперечного электрического поля, возникающего в проводнике, по которому течет ток. (Если проводник помещен в магнитное поле, не параллельное направлению тока, движущиеся заряженные частицы под дейст-

вием силы Лоренца отклоняются в направлении, перпендикулярном направлениям тока и поля, накапливаются на боковых гранях и порождают поле Холла.)

Исследования эффекта Холла и электропроводности большинства чистых металлов к тому времени были уже проведены, однако часть наименее достоверных или просто не очень точных результатов пришлось перепроверить. В результате была установлена совершенно новая замечательная закономерность: «сверхпроводники, в отличие от остальных проводников, при обычных температурах обладают значительно меньшими значениями произведения $R_H\sigma$, а также самих R_H » [1]. Было показано, что открытое правило в одинаковой степени справедливо не только для чистых металлов, но также и для сплавов металлов (Pb — Bi, Bi — Tl, Sb — Tl) и ряда соединений металлов с неметаллами. Таким образом, установленная закономерность имела совершенно общий характер и открыла наличие «связи между эффектом Холла и сверхпроводимостью» [1]. По существу, это было одно из первых экспериментальных свидетельств (а может быть, и первое) определяющей роли силы электрон-

фононного взаимодействия в сверхпроводимости.

Полученный в этой работе критерий сверхпроводимости можно записать в виде $R_n \sigma \leq 50$, где R_n измеряется в $\text{см}^3/\text{Кл}$, а σ — в $(\text{Ом}\cdot\text{см})^{-1}$. Интересно, что в ранних теоретических работах Х.Фрелиха [2] и Дж.Бардина [3] условие возникновения сверхпроводимости также выражалось через электросопротивление материала (при комнатной температуре). Так, в теории Бардина это условие приближенно можно представить как $\sigma/n \leq 10^{17}$ (n — концентрация носителей заряда), где σ измеряется в $(\text{Ом}\cdot\text{см})^{-1}$, а n — в см^{-3} . Вспомнив, что $R_n = 1/en$ (e — заряд электрона), легко убедиться, что два приведенных критерия совпадают друг с другом!

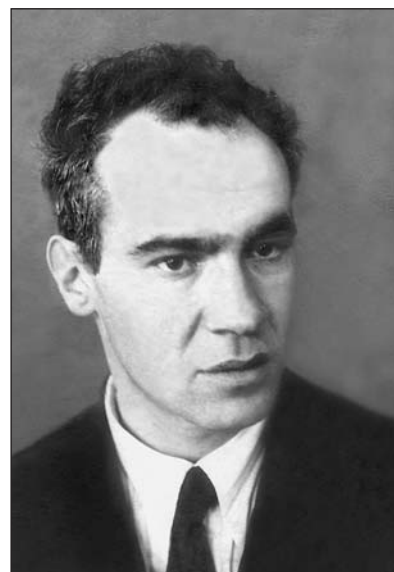
Другая работа Кикоина по сверхпроводимости [4–6] восходит к двум выдающимся экспериментам XX в. — эффекту Эйнштейна—де Гааза (1915) и эффекту Мейснера (1933). Первый из этих эффектов относится к группе так называемых гиромагнитных, или магнитомеханических, явлений, которые обусловлены связью между механическим и магнитным моментами частиц и систем из них (изменение одного вызывает изменение другого). Он состоит в том, что тело, намагниченное вдоль некоторой оси, приобретает относительно этой оси вращательный момент, пропорциональный намагниченности.

Эффект Мейснера заключается в выталкивании внешнего магнитного поля из объема сверхпроводника, подобно экранированию электростатического поля в проводнике обычном. После включения внешнего электрического поля свободные носители заряда перераспределяются вблизи поверхности так, что их поле компенсирует внешнее, и суммарное поле в объеме проводника вновь обращается в ноль. Аналогично незатухающие сверхпроводящие токи, индуцируемые внеш-

ним магнитным полем вблизи поверхности (мейснеровские токи), создают магнитное поле, которое компенсирует внешнее внутри сверхпроводника. Иначе говоря, сверхпроводник ведет себя как идеальный диамагнетик (диамагнитные материалы намагничиваются навстречу внешнему магнитному полю, т.е. поле в них ослабляется). Вообще же в создании диамагнитного момента участвуют не только свободные носители заряда, но и все электроны атомов. И, с учетом специфики диамагнетизма сверхпроводников, особенно интересен вопрос о его природе: связан ли он со спином электронов (их собственным механическим моментом) или обусловлен их орбитальным движением (т.е. током). Ответ на этот вопрос был, как писал Д.Шенберг в своей монографии по сверхпроводимости [7], «очень важен для подтверждения основной мысли феноменологической теории Ф.Лондона и Г.Лондона». Естественно было попытаться решить проблему тем же прямым методом, который был использован при доказательстве спиновой природы ферромагнетизма, а именно непосредственным изучением гиромагнитного эффекта, когда изучается механический отклик системы на изменение намагниченности.

В подобных экспериментах определяется так называемый множитель Ланде, или g -фактор* (отношение магнитного момента частицы к механическому, выраженное в единицах магнетона Бора). Из квантовой теории следует, что $g = 2$, если магнитный момент атома обусловлен спином его электронов, и $g = 1$, если магнитный момент создается лишь орбитальным движением. Для элементов группы железа g -фактор оказался близким к 2, что свидетельству-

* С развитием резонансных методов определения g -фактора магнитомеханические методы отошли на второй план и имеют в большей степени историческое значение.



В 1930-е годы.

ет о спиновой природе их ферромагнетизма. Однако в случае сверхпроводников было неясно, возможно ли наблюдение подобного эффекта в принципе, поскольку отсутствие в них взаимодействия электронов с решеткой не должно, казалось бы, приводить к появлению «отдачи» образца при изменении магнитного момента тела.

«Измерение гиромагнитного эффекта, несмотря на его кажущуюся принципиальную простоту, является в действительности чрезвычайно трудной экспериментальной задачей, даже в случае измерений на ферромагнитных телах, намагничение которых уже при сравнительно слабых внешних полях велико. Трудности еще больше возрастают при исследовании гиромагнитного эффекта на сверхпроводниках, когда намагничение образца приблизительно в 50–100 раз меньше, нежели у ферромагнетиков. Дополнительная трудность вносится необходимостью вести измерения при низких температурах» [6].

Проиллюстрировать методическую сложность эксперимента, направленного на измерение фактора Ланде в сверх-

проводниках, можно следующим образом. Во всех экспериментах того времени образец имел форму длинного цилиндра, подвешенного на нити так, что его ось и нить были параллельны внешнему полю. Вращающий момент, который действует (при наличии «отдачи») на тело с изменяющейся намагниченностью, есть сумма двух составляющих, направленных вдоль оси, — полезной и паразитной. Первая подлежит измерению, а вторая появляется из-за (всегда имеющейся) небольшой непараллельности оси ци-

линдра и поля, а также неполной компенсации магнитного поля Земли. В реальном эксперименте паразитный эффект оказывался на порядок больше основного.

Поэтому ясно, что необходимо было выбрать такой метод исследования, при котором побочные эффекты по возможности исключались бы. Это удалось сделать с помощью резонансного метода, предлагавшегося еще Эйнштейном и усовершенствованного в 1932 г. П.Шерером и Ф.Котерье [8]. Основная идея метода состоит в следующем.

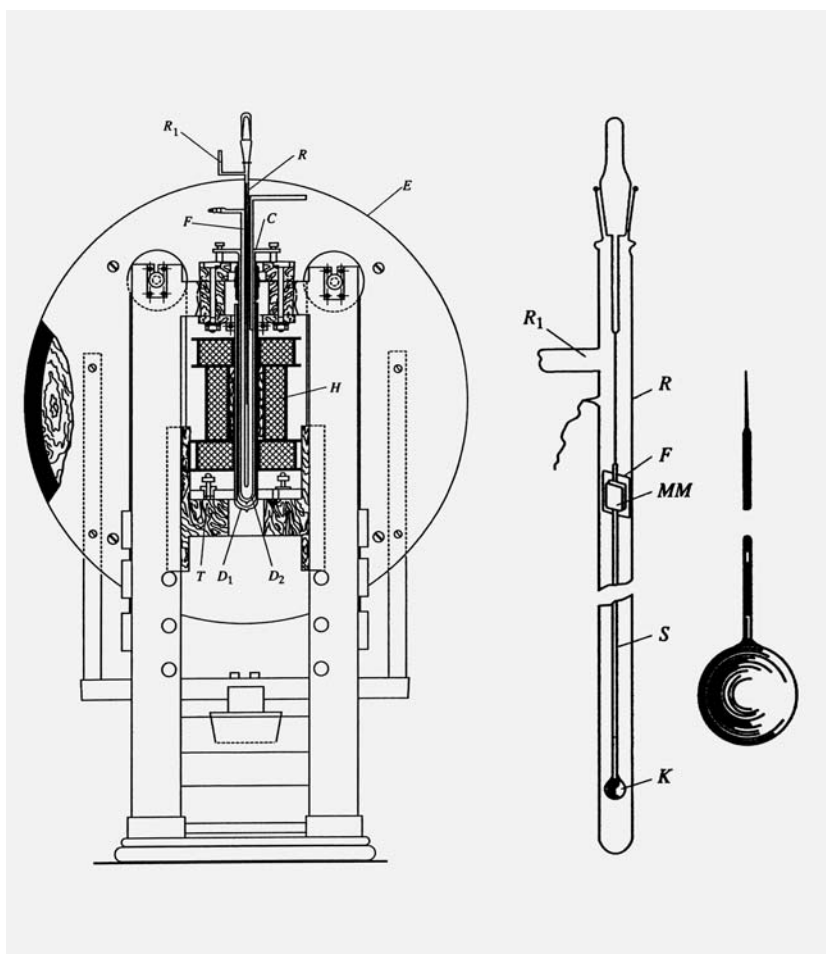
Если паразитного момента нет, то вынужденные колебания образца, подвешенного в соленоиде с периодически меняющимся полем, отстают от него по фазе на четверть периода ($\varphi = \pi/2$). При наличии паразитного момента $\varphi \neq \pi/2$.

Можно, однако, и в последнем случае искусственно обеспечить $\varphi = \pi/2$, переключая поле в момент прохождения образца через положение равновесия. Тогда dH/dt достигает максимального значения при $\varphi = 0$ независимо от наличия или отсутствия каких-либо побочных эффектов и появляется возможность по амплитуде колебаний установить основную величину — фактор Ланде.

Указанная выше синхронизация переключения поля с колебаниями образца «лучше всего... осуществляется, если предоставить самому образцу в нужное время производить переключение поля» [6].

В этом эксперименте была использована установка, состоящая из подвесной системы, схемы автоматического переключения поля соленоида, намагничивающего соленоида, схемы компенсации земного поля и криогенной аппаратуры.

Подвесная система. Наиболее выгодной была признана сферическая форма образца, так как в этом случае непараллельность момента образца и внешнего поля сводится к минимуму. Поэтому образцом служил шарик с диаметром ≈ 3 мм (максимальная разность диаметров в разных направлениях не превышала 2–3 мкм) из чистого свинца (любезно предоставленного П.Л.Капицей), который цапон-лаком приклеивался к нижнему концу стеклянной трубочки длиной ~ 50 см и диаметром 0.12 мм (отклонение оси трубочки от диаметра шарика не превышало 10 мкм). К верхнему концу трубочки приклеивалась кварцевая нить диаметром 10–12 мкм, длиной ~ 15 см, служившая нитью подвеса.



Общий вид установки и схема подвесной системы (справа) [6].
H — соленоид; *C* — капка, к которой прикреплен дьюаровский сосуд с гелием *D₂*; *D₁* — дьюаровский сосуд с жидким азотом; *T* — подъемный стол; *E* — катушка Гельмгольца; *R* — стеклянная трубка, посеребренная изнутри, внутри которой находится образец; *R₁* — трубка для откачки; *F* — окошко в трубке *R*; *MM* — два зеркала; *S* — стеклянная трубочка; *K* — образец. Сбоку в увеличенном масштабе показано прикрепление кварцевой нити к трубочке *S* и образца к трубочке *S*.

Схема автоматического переключения поля. Авторезонансное переключение поля производилось с помощью специальной тиратронной схемы, управляемой фотоэлементом. На фотоэлемент попадал свет, который отражался от зеркала, укрепленного на подвесной системе. При этом поле меняло свое направление на противоположное при проходе образца через положение равновесия. «Гиромагнитный момент возникает лишь в момент переключения поля, остальное время он равен нулю. Фазы (паразитных) пондеромоторных моментов, пропорциональных полю, совпадают с фазой колебания самого образца и поэтому никакого влияния на резонансную амплитуду не оказывают» [6].

Намагничивающий соленоид. Требования к однородности поля, создаваемого соленоидом, достаточно жестки, поэтому использовалась специальная конструкция, позволявшая уничтожить все производные поля (по радиусу) вплоть до шестой.

Компенсация земного поля производилась при помощи катушек Гельмгольца диаметром 1200 мм, между которыми размещалась вся установка. Был достигнут коэффициент компенсации, равный 330, что соответствовало остаточному полю $\approx 5 \cdot 10^{-4}$ Э.

Что касается **криогенной аппаратуры**, в то время она (как, впрочем, в значительной мере и сегодня) базировалась на

использовании эффекта Джоуля—Томсона — охлаждении газа при его дросселировании (медленном протекании) через капилляр или пористую перегородку без теплообмена с окружающей средой. Более подробные сведения о способах получения низких температур можно найти в популярной книге В.М.Бродянского [9].

Тщательная юстировка и отладка установки обеспечили большую точность измерений, в результате которых было установлено, что абсолютное значение фактора Ланде для сверхпроводников составляет $g = 1 \pm 0.03$.

Это — «значение, соответствующее тому, что намагничение обусловлено замкнутыми орбитами». «Знак фактора Ланде оказался отрицательным, что соответствует отрицательно заряженным носителям намагничения (электронам)».

«Полученное... численное значение фактора Ланде показывает, что намагничение сверхпроводников, во всяком случае, обусловлено не электронным спином, а замкнутыми электронными токами».

При расчете g было использовано значение массы свободного электрона (а не эффективной массы). Точное доказательство справедливости этого было позже дано Л.Броером [10].

Работа Кикоина по существу полностью решила поставленную проблему; известна еще лишь одна, выполненная на 14

лет позже, работа американских авторов [11], которые полагали (видимо, по недоразумению), что «работа Кикоина и Губаря не дает полной ясности относительно знака эффекта». Они полностью воспроизвели методику эксперимента Кикоина и подтвердили его выводы.

Анализируя в 1948 г. результаты работы Кикоина [5], Мейснер [12] объяснил их следующим образом: «Магнитное поле проникает (в сверхпроводник) лишь на малую глубину, но при его изменении возникает электрическое поле, которое действует как на сверхпроводящие электроны, так и на положительные ионы (решетки). Поскольку сверхпроводящие электроны не увлекают за собой ионы, эти две системы движутся независимо с равными и противоположными угловыми моментами. Именно движение положительных ионов и наблюдается в эксперименте». Таким образом, наблюдая за движением кристаллической решетки (которая, собственно, и состоит из положительных заряженных ионов), можно сделать вывод о движении электронов.

Интересно, что обратный гиромагнитный эффект в сверхпроводниках (аналог эффекта Барнетта, заключающегося в создании магнитного момента в быстровращающемся ферромагнетике), до сих пор не зарегистрирован, хотя попытки такого рода делались [13]. ■

Литература

1. Кикоин И.К., Лазарев Б.Г. // ЖЭТФ. 1933. Т.3. С.44—52.
2. Fröhlch H. // Phys. Rev. 1950. V.79. P.845—856.
3. Bardeen J. // Phys. Rev. 1950. V.80. P.567—574.
4. Кикоин И.К., Губарь С.В. // ДАН СССР. 1938. Т.19. С.251—253.
5. Kikoïn I.K., Gubar S.W. // J. Phys. USSR. 1940. V.3. P.333—354.
6. Кикоин И.К. // ЖТФ. 1946. Т.16. С.129—154.
7. Шенберг Д. Сверхпроводимость, М., 1955. С.55.
8. Coetier F., Scherrer P. // Helv. Phys. Acta. 1932. V.5. P.217—223.
9. Бродянский В.М. От твердой воды до жидкого гелия (история холода). М., 1995.
10. Broer L.J.F. // Physica. 1947. V.13. P.473—478.
11. Pry R.H., Lathrup A.L., Houston W.V. // Phys. Rev. 1952. V.86. P.905—907.
12. Meissner W. // Sitzungber. Bayer. Acad. 1948. November. S.321.
13. Squire C.F., Love W.F. Intern. Conference on Physics of Very Low Temperatures. Berkeley, 1949. P.102.

Кикоин как множество...

В.И.Ожогин,

доктор физико-математических наук

РНИЦ «Курчатовский институт»

Москва

Исаак Константинович Кикоин был велик и многолик.

Он был искусен в экспериментальной физике; успешен в прикладной; удачлив, когда рисковал как организатор производства... Да и повезло ему — он был участником решения одной из величайших (хотя, быть может, и не гуманнейших) задач, которые когда-либо возникли перед человечеством.

Вместе с тем Кикоин, как мало кто другой, понимал, что древо науки, как и древо жизни, может быть вечно живым, только если имеется механизм воспроизводства этого древа — его корней, ствола, ветвей и листьев, если обеспечена преемственность научных поколений. Только тогда биологическая система (а наука является таковой) имеет шанс жить вечно.

К сожалению, искусство воспроизводства научных кадров, на мой взгляд, постепенно утрачивается — по крайней мере на постбеловежском геополитическом пространстве. Думаю, Исаак Константинович был последним из могикан, кто глубоко понимал, как важно вкладывать свою энергию, свой интеллект, свою жизнь в то, чтобы воспроизводить в науке себе подобных. Секретами этого воспроизводства он владел в совершенстве, хотя делился ими не часто. Наш долг — воспользоваться ими и передать следующим поколениям.

Чем бы ни занимался Кикоин, прежде всего он — автор. Автор

не только научных статей, докладов, лекций, но и интервью, выступлений и, конечно, учебников, без которых процесс упомянутого воспроизводства немислим. Незаурядность его как лектора в немалой степени обусловлена тем, что родился он в семье учителя и потому имел особый вкус, особое уважение к труду преподавателя и педагога, которые воспитывались у него с детства, с младых ногтей. В возрасте 23 лет он уже читал лекции студентам в Ленинграде с благословения А.Ф.Иоффе.

Кикоин — ментор, наставник молодых ученых. И в этой ипостаси проявил себя в высшей степени плодотворно. Он — куратор, т.е. попечитель многих начинаний своих молодых последователей. Реализация этих начинаний была бы невозможной без той помощи, которую оказывал Исаак Константинович, волею судеб (или случайностей) он был наделен достаточной властью и использовал ее во благо науки и ее воспроизводства.

Кикоин — редактор уникального издания: физико-математического журнала для юношества, который был и сложен и доступен одновременно. Даже шутку породил: «Квант» предназначен не столько для сильных школьников, сколько для средних академиков».

Исаак Константинович как организатор самого процесса воспроизводства научных кадров курировал аспирантуру Института атомной энергии (ИАЭ), был бессменным председателем жюри молодежных научных конкурсов, возглавлял

Специализированный совет по защите диссертаций, который действует при Институте молекулярной физики до сих пор. Заметную роль в становлении и развитии в ИАЭ исследований по физике твердого тела сыграл созывавшийся им каждый второй вторник кикоинский семинар. Его хобби была история естествознания, он вел семинар и по этому направлению.

Кикоин всегда старался сопровождать свои лекции интересными демонстрациями. Это была его страсть, которая, мне кажется, была передана следующему поколению (по крайней мере, в моем лице), и наш долг — понимать, насколько важно «визуализировать» физику, самую прекрасную из наук, которую Природа-Бог нам подарила.

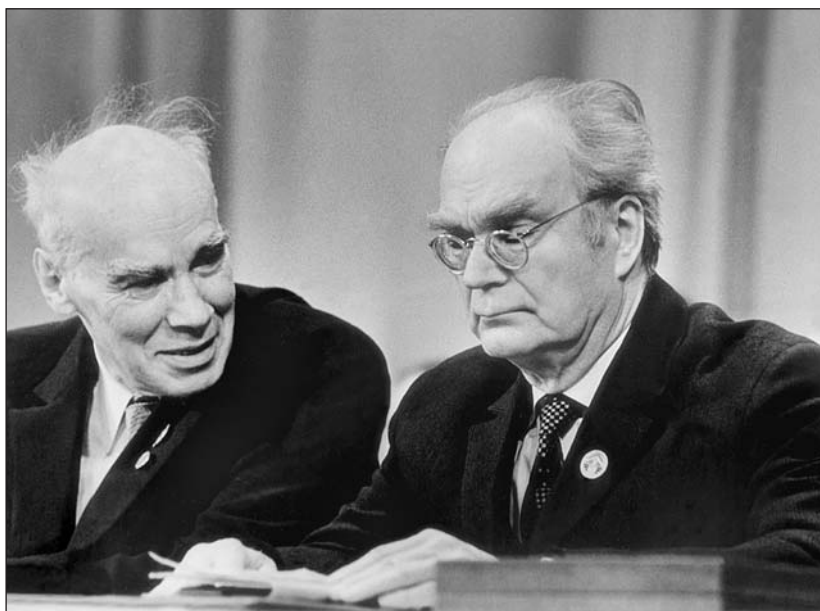
Вкладывая свои силы, свою жизнь в молодежь, он, конечно, понимал, что будущий молодой специалист являет собой «особость» и в физическом, и в интеллектуальном, и в психологическом смысле, что отношение к этой частице будущей науки, еще не оформившейся полностью, должно быть очень аккуратным, иногда даже нежным. В частности, Кикоин считал необходимым почаще следовать известной фразе Козьмы Пруткова: «Похвала так же нужна поэту, как канифоль смычку виртуоза». И он никогда не упускал случая ободить молодого специалиста, помогал ему пройти через совершенно неизбежные в начале пути неудачи и обязательно подводил его к первой самостоятельной публикации. Он понимал, как психологичес-

ки важно молодому ученому увидеть свое имя напечатанным в научном журнале.

Выступая перед молодыми учеными, студентами, школьниками, Кикоин извлекал из памяти (а память у него была уникальная) поучительные физико-исторические факты, которые высказываемую им мысль делали более выпуклой и запоминающейся. Убеждая студентов в необходимости начинать работу в науке в возможно более раннем возрасте, он приводил перечень крупных научных достижений, сделанных их авторами смолоду.

В 1973 г. Кикоин основал при Отделении молекулярной физики Специализированный совет по защите диссертаций. Он был его председателем (я — ученым секретарем). Вся деятельность Кикоина в этом совете проходила на моих глазах. Всего за 20 лет работы совета было защищено 105 кандидатских и 63 докторских диссертаций. Их распределение по годам показывает, что с 1987 г. наметилась тенденция к уменьшению числа защит. Это, полагаю, тревожный сигнал для нас, для отечественной науки.

Через совет прошло много специалистов — кандидатов и докторов наук. Мой опыт взаимодействия с ними показал впоследствии: те, кто проходил защиту на этом совете, сохранили к его председателю своего рода сыновьи чувства. Когда через 5—10 лет председателю нужно было обратиться к бывшему подзащитному с каким-то деловым вопросом, отношение к этой просьбе всегда было не только подчеркнуто уважительным, но и стремительным (по исполнению). Отбор претендентов на защиту был очень серьезным. Среди диссертаций были экспериментальные, теоретические, смешанные. На самой защите Кикоин всегда находил слова, которые подводили итог дискуссии, обобщали то, что сказано оппонентами и выступавшими. Практически все-



И.К.Кикоин и М.Г.Первухин.



Жигаловский, А.К. и И.К.Кикоины. 70-е годы.

гда он выступал последним. Но были и исключения. Когда представлялась чересчур затеоретизированная диссертация, он доверял заключительное слово специалистам, хотя, казалось бы, «свадебно-генеральское» положение обязывало его самому подводить итог. Это — тоже хороший урок. Иногда, присутствуя на заседаниях, я вижу, как тот или иной начальствующий товарищ обязательно стремится

выступить. Даже тогда, когда ему нечего сказать. В этом случае я вспоминаю фразу из «Листьев травы» Уолта Уитмена: «И почему человек, которому нечего сказать, не молчит?». Кикоин говорил только тогда, когда ему было что сказать. А эрудиция позволяла ему делать самые глубокие обобщения.

В конце 1960-х годов была популярна книга Рольфа Лэппа «Атомы и люди». Вот цитата из



С женой и дочерью Любой на первомайской демонстрации.

нее: «Яркая вспышка гениальной мысли имеет большее значение, чем равномерный накал тысячи рядовых умов». Так и тянет использовать эту фразу как эпиграф. Я же хочу возразить Лэппу. Все-таки вспышка — это производная от средней энергии молекул. А чем выше средняя энергия молекул, тем выше вероятность гениальной флуктуации. И поэтому судить, как это сделал Лэпп, что важнее, я бы не стал. Это все равно что пытаться ответить на вопрос, кто важнее для воспроизводства следующего поколения — папа или мама. Я бы отнес этот вопрос к категории некорректных. Поэтому нужна высокая температура, высокая энергия, высокий интеллектуальный накал в научном коллективе, чтобы вероятность гениальной вспышки увеличилась. По-моему, Кикоин это отлично понимал. Он понимал,

что запрограммировать рождение гения или таланта невозможно, можно лишь быть готовым поддержать его, когда он уже появился. Но что действительно можно делать — и что Кикоин делал — это создавать вокруг себя (как принято говорить в физике твердого тела — в «ближайших соседях» и в «соседях, следующих за ближайшими») высокую среднюю энергию научного движения и общего интеллекта.

Интерес Исаака Константиновича к проблеме интеллектуального и физического воспроизводства науки не случаен. Он произошел из семьи учителя. Закончил в 15 лет 1-ю Псковскую школу им. Л.М.Поземского. У этой школы были богатые традиции. (Ей более 200 лет, а на 180-летию Кикоин присутствовал лично.) В интеллектуальной работе нужна критическая масса. Когда набирается интеллектуальная критическая масса, увеличивается вероятность рождения гениальной вспышки. Из школы им.Л.М.Поземского вышли: известный медик В.А.Обух (одна из улиц в центре Москвы называлась его именем), В.М.Брадис (вспомним таблицы Брадиса), Ю.Н.Тынянов, В.А.Каверин. Это не случайно! Читатель, уверен, согласится с тезисом: «Традиции — не пепел, а огонь». И это согласие означает, что долг наш — вкладывать свои усилия в то направление, в котором столь усердно и плодотворно поработал Кикоин, лелея живое древо науки.

Первые свои лекции Кикоин начал читать в 23 года; после некоторого перерыва он вернулся к лекционной практике уже в Уральском политехническом, и весь УПИ гордился, что им читает лекции доктор наук (их тогда было немного, все наперечет).

Как только родилось наше ведомство (с задачей решить атомную проблему), сразу встал вопрос о подготовке будущих кадров. В 1946 г. был создан Московский механический ин-

ститут (ныне МИФИ), который поначалу размещался в здании масонской ложи, напротив Почтамта. Кикоин читал там курс общей физики. Среди лекторов были Л.А.Арцимович, И.В.Обреимов, С.Э.Хайкин, И.И.Гуревич... Там тоже была интеллектуальная критическая масса, что очень важно и для студентов, и для лекторов, которые, зажигая друг от друга, автоматически повышали уровень лекций, экзаменов и тем самым способствовали повышению уровня будущей науки.

Когда в 1953 г. возникла необходимость повысить уровень преподавания физики в МГУ, Кикоин переходит туда и снова оказывается в весьма сильном окружении. В своих выступлениях он отмечает, что сам процесс чтения лекций ему очень нравится. Как рассказывали мои коллеги, которым выпало счастье слушать Кикоина, после каждой лекции его окружали студенты, засыпая вопросами. Он никогда не торопился, как бы ни был занят. В работе со студентами был благожелателен, прост и, как подчеркивали слушатели, старался приподнять сомнение студента. Если бы в те годы было принято, он обращался бы к ним так: «господа студенты».

Исаак Константинович свои отношения со студентами и, скажем, с административным персоналом кафедры определял в пользу первых. Каким образом это делалось — загадка. Но он всегда давал почувствовать студентам, что у них особая миссия, особое жизненное назначение, и надо быть достойным этого назначения. «Вкладывайте всю вашу жизнь в то, чем вы сейчас занимаетесь», — призывал он.

К вопросам, запискам студентов Кикоин относился с большим пиететом, подчеркивая, что «записки для лектора — это как аплодисменты для актера». Ему нравилось читать лекции еще и потому, что он видел быструю отдачу: человек приходит на курс, ничего не зная, а уже через полгода, сдав экзамен, он прак-

тически поднимается для старта на плечи гиганта-лектора. Это — совершенно необходимое условие для воспроизводства научных кадров: старт должен быть именно с плечей предыдущего поколения, его самых сильных представителей.

Регулярное чтение лекций подвигнуло к написанию учебника. В 1963 г. появился его труд «Молекулярная физика», написанный в соавторстве с младшим братом Абрамом Константиновичем. Этот учебник выдержал три издания (второе — в 1974 г., третье — в 2007 г.). Во многих отношениях учебник был интереснее, сильнее, богаче, чем пособия, которыми пользовались в других вузах.

Одновременно с этой работой в 1955 г., буквально на следующий год после прихода в МГУ, Кикоин создал физический кружок. Он был убежден, что студент должен начинать заниматься научной работой очень рано и уже в молодости пройти через ошибки, трудности и страдания научного поиска, чтобы потом постепенно выйти на уровень серьезных научных исследований. Поначалу в физический кружок пришло много второкурсников — около 50 чел. Никаких приемных испытаний не было. Но не все выдержали. Остались только те, кто смог преодолеть трудности экспериментальной работы. Среди них: С.Лазарев, Ю.Муромкин, Н.Бабушкина, Т.Игошева, С.Наурызак, В.Преображенский, С.Якимов, ставшие докторами и кандидатами наук. Это были будущие сотрудники ОПТК — Отдела приборов теплового контроля (или, как шутили, «Отдела подготовки талантливых кадров»).

Вспоминаю одну ситуацию, которая коснулась меня лично. В 1974 г. я защитил докторскую диссертацию, и, естественно, встал вопрос, где можно подработать в свободное время. И тут очень кстати позвонили из Института научной и технической информации (ВИНИТИ) и пригласили совместителем на весь-



На трибуне. 1950-е годы.

ма высокую, но относительно спокойную должность (почти синекуру). Вопрос чисто формальный — спросить руководителя. Я был абсолютно уверен, что согласие получу, потому что никогда не слышал от Кикоина отказа ни в одном моем начинании. Прихожу и говорю, что мне предложили вот такую работу.

— Нет, я не подпишу.

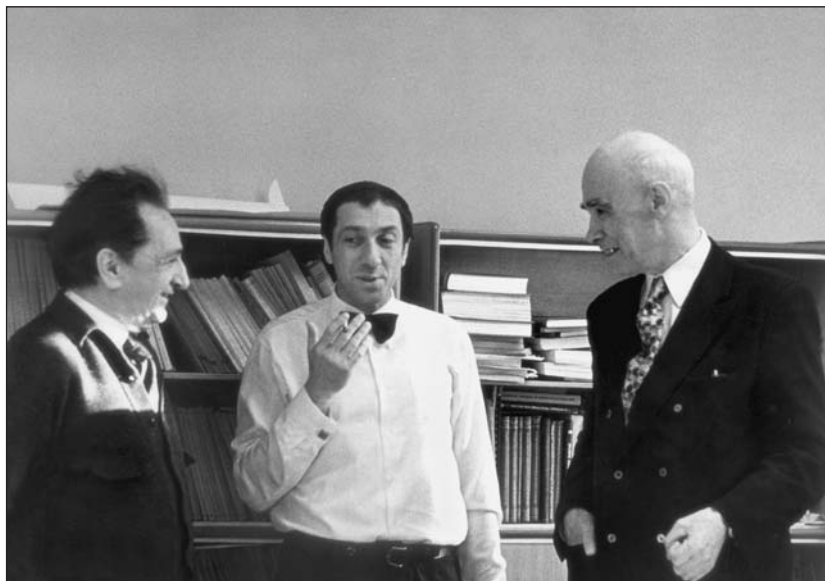
— Почему? Ведь это не будет мешать основной работе.

— Нет, информацией пусть занимаются другие. Вот преподавать — идите. Если будете преподавать, во-первых, ваши знания останутся в учениках. Во-вторых, вы сами, готовясь к лекциям, будете искать различные

формы преподнесения материала и тем самым поддерживать свое развитие, свой научный тонус на определенном уровне. Поэтому я не разрешаю вам совмещать в ВИНИТИ. Пожалуйста, совмещайте как лектор.

Я последовал его совету и теперь понимаю, как он был прав. Это помогает мне на семинарах, заседаниях научных советов. Исходя из научного опыта, я иногда оперирую изначальными знаниями, аргументами и логикой, которая, как правило, весьма сильна.

Исааку Константиновичу было присуще высокое чувство долга, ответственности перед человеческой популяцией. В ка-



Я.А.Сморodinский, С.Ю.Юрский, И.К.Кикоин. 1970-е годы.

кой-то момент он понял, что интерес к физике стал падать. Проанализировав ситуацию, увидел, что причина — в недостатках школьного образования. И тогда он задался целью помочь школе. Сначала ему поручили возглавить предметную комиссию, он организовал ее работу. Затем получил приглашение стать редактором переиздания известного учебника физики А.В.Перышкина. Он прошел и через это. Но тут у него возникло желание самому соавторствовать с братом И.К.Кикоин написал учебник «Физика-8» (для восьмиклассников).

Отношение к этой работе было серьезным. Исаак Константинович говорил: «Допустить ошибку в школьном учебнике гораздо опаснее, чем в учебнике для вуза. Профессор поправит ошибку автора, а учитель, где-нибудь в глубинке, этого может и не сделать. Размножение такой ошибки в пяти миллионах экземпляров может иметь серьезные отрицательные последствия». И добавлял: «Надо написать так, чтобы не было пяти миллионов ошибок». Учебник Кикоиных прошел много апробаций, комиссий.

Пробный тираж составил 35 тыс. экз., а в 1975 г. учебник вышел пятимиллионным тиражом. Через некоторое время он был переведен на венгерский, испанский, английский, французский языки. В 1979 г. Кикоины в содружестве с другими авторами написали пробный учебник «Физика-9».

В 1984 г. в журнале «Коммунист» (№4) появилась маленькая заметка, обвиняющая учебник «Физика-8» в махизме. Действительно, Мах написал в 1909 г. классический учебник для западной школы. Кикоин хорошо знал ситуацию, знал ленинские негативные реплики на работу Маха и тем не менее считал своим долгом использовать удачные находки предыдущего поколения, рассматривая механику как самую наглядную науку. Без этого специалист — не специалист!

Но некто решил за это немножко покритиковать авторов учебника. И пошло-поехало... Маха самого кто читал? А журнал «Коммунист», заслуживал он того или нет, знали все, в том числе и в глубинке, в школах. Кикоин понял опасность ситуации и принял единственно правильную тактику: не отвечать

конкретно на эти обвинения, а опубликовать в том же журнале статью, посвященную отношению Ленина к физике. И это сразу все поставило на место. Учебник жил, живет и будет жить.

Летом 1962 г. МФТИ десантировал своих аспирантов и студентов в различные части страны для проведения физико-математических олимпиад. Потом под эгидой ЦК ВЛКСМ была организована всесоюзная олимпиада, в заключительном туре которой участвовали около 600 человек. На одном из заседаний оргкомитета, председателем которого с 1965 по 1984 г. был Кикоин, родилась идея создать специальный физико-математический журнал для школьников. И такой журнал — «Квант» — был создан. Первый номер вышел в 1970 г. Статья, открывающая журнал, была написана сотрудником нашего «Отдела подготовки талантливых кадров» — Я.А.Сморodinским. Называлась она «Что такое «Квант»?». В первые годы журнал выходил тиражом 200 тыс. экз. Через семь лет он достиг 300 тыс.

С 1980 г. издается «Библиотечка «Квант»» — увидело свет уже 100 книжек. Это же целая залежь высокопрофессиональной научной литературы! Для ее разработки в 1991 г. создано малое предприятие «Бюро Квантум», другой задачей которого является поддержка физико-математических олимпиад, тоже детища Кикоина.

Видимо, удалось-таки Кикоину переселить свою душу в научные детища. Большинство их здравствует поныне, материализуя собой память о замечательном профессионале и человеке, безмерно любившем физику: «...за долгую жизнь я не успел насладиться любимой своей физикой, не хватило мне времени, ясно вижу теперь — не хватило. А ведь не было ни одного дня в жизни, ни выходного, ни праздника, ни отпуска, когда бы я ею не занимался. Часто и сны вижу о физике». ■

Немецкий дневник: письма 1930 года

Публикуемые ниже письма — часть переписки одного из крупнейших российских физиков Исаака Кушелевича Кикоина (1908—1984) с братом Абрамом и другими сотрудниками лаборатории Я.Г.Дорфмана в Рентгеновском физико-техническом институте (ФТИ) в Ленинграде, ныне известном физикам всего мира как Физтех.

Письма, которые 22-летний Исаак регулярно отправлял брату из Берлина, Гамбурга, Лейдена, Мюнхена, фактически представляют дневник его первой заграничной научной командировки в ведущие научные центры Европы. В эту командировку он был направлен осенью 1930 г. по инициативе А.Ф.Иоффе почти сразу после окончания физико-механического факультета Ленинградского политехнического института и вскоре после принятия на работу в Физтех.

Роль Иоффе, организатора Физтеха и фактического создателя ленинградской научной школы, давшей России десятка выдающихся исследователей, в становлении российской физики трудно переоценить. Несколько поколений физиков называют ее «папа Иоффе». В конце 20-х — начале 30-х годов направление молодых ученых в научные командировки (нередко на свои собственные средства, полученные от ведущих западных фирм на научные консультации) было неотъемлемой частью его деятельности по модернизации отечественной науки и восстановлению утраченных контактов с Западом.

Исаак Кикоин приехал в Ленинград из Пскова в 1925 г., где он окончил знаменитую 1-ю Псковскую среднюю школу и Землемерное училище, с твердо определенной целью стать физиком и инженером. К моменту окончания Ленинградского политехнического института он уже был сотрудником Физтеха и автором нескольких научных работ. Осенью 1930 г. молодой человек, впервые в жизни увидевший светофор на берлинском перекрестке, получил возможность посетить лучшие научные центры Европы, «покрутить ручки» самых современных экспериментальных установок и лично пообщаться с ведущими физиками того времени. Этой возможностью он воспользовался в полной мере. Если в двух первых письмах Исаак Кикоин делится с друзьями своими первыми непосредственными житейскими впечатлениями, то в последующих посланиях основное внимание уделяется научной информации и впечатлениям от организации науки на Западе.

Кикоин был одним из самых ярких представителей первого поколения физиков, воспитанных в «школе Иоффе». Через три года после своей командировки в Европу он обнаружил фотомагнитный эффект в полупроводниках. Это открытие принесло ему мировую известность.

Кикоин К.А.,

доктор физико-математических наук

Письмо №1

Berlin 13/X 1930 г.

Дорогие друзья!

Вот вам первое мое письмо из Германии, завтра уезжаю в Голландию на несколько дней, откуда, естественно, тоже пришлю письмо, а сейчас вам вкратце опишу события случивш[иеся] со мной за последние дни.

Итак, Ich fange an — я начинаю:

Как вам известно, я отбыл с места жительства 9/X рано утром в сопровождении моего родного брата на аэродром, откуда мы должны были с Б.Д.Разумовским* подняться ввысь и улететь

в дальние страны, и, как вам известно со слов вышеназванного брата моего, полет не состоялся и мы поехали обратно в город, где должны были ждать до 2 ч и тогда, если наступит улучшение погоды, за нами приедет машина (автомобиль), которая отвезет нас снова на аэродром, и мы все-таки улетим. Первая часть этого предположения блестяще была выполнена — в 2 ч за нами прибыла машина и в 2 ч 30 мин — мы были на аэродроме, где все было готово для нашего отлета. С нами весьма тепло попрощалось аэродромное начальство, мы сели в самолет и улетели. Долго ли, коротко ли мы летели, точно не скажу, но, думаю, не больше 2^x минут; поднялись мы метров на пятьдесят вверх и стали аккуратно (ах, как замечательно аккуратно!) снижаться. Снизались и сели — мотор

* Б.Д.Разумовский — физик, сотрудник физико-технического института.



А.Ф.Иоффе в своей квартире в Лесном. Фото относится к 30-м годам, когда набирала силу его знаменитая школа физиков, к первому поколению которой относится И.К.Кикоин.

испортился! К нам в кабину заглянул наш летчик (симпатичнейшее создание!! прямо душка!) и сказал: «ничего, все идет прекрасно, посидите немного». Ну, что же! посидим, и просидели до завтрашнего утра (я ночевал в городе). Таким образом, наш первый полет был не очень удачным. Назавтра утром автомобиль нас снова отвез на аэродром и все-таки полетели.

Летели мы два часа, при очень скверной погоде, был порывистый ветер, почти буря, нас кидало и бросало в «воздушном океане», как щепку (здорово сказано! правда?), так что третий пассажир и сам пилот довольно быстро попали в Ригу, а мы (кто бы это мог подумать?) с Борис[ом] Давыдовичем хоть бы что, как ни в чем не бывало, будто мы с пеленок летаем; здорово получилось! Наконец прибыли в Ревель или как он иначе называется Tallin (Таллин), где нам объявили, что по полученным сведениям из Риги там большой шторм и лететь дальше нельзя; там повторилась история, которая с нами была в Ленинграде, — закончилась она ночевкой в городе — в гостинице (конечно, за счет об-ва Druluft, ибо у нас — ни копейки в кармане) и наконец рано утром 11^{го} мы вылетели по направ[лению] на Ригу. Дальше уже особых приключений не было. Мы долетели до Риги, там сни-

зились, подождали минут 15 и полетели дальше до Кенигсберга, там пересели на другую большую машину и полетели до Данцига, там минут 20 подождали и направились в Berlin, куда и прибыли благополучно в 2 ч того же 11^{го} числа. О самом полете расскажу, когда приеду, пока могу лишь сказать, что мы получили большое удовольствие от полета; чрезвычайно приятный путь сообщения.

В Берлине нас встретил Яков Григорьевич* и повел в пансион, где остановился он, Глазков и Ситников, нас накормили, дали комнату (очень хорошую, где я и пишу сейчас!). С нашим приездом наших Рентгеновцев оказалось пять человек и было внесено предложение устроить заседание совета!

В воскресенье мы шатались по Berlin'у целый день. Хороший город Берлин, большой, с большим движением, но по описаниям мы ожидали большего; нам говорили, что мы будем ошеломлены; этого, со мной по крайней мере, не случилось. Конечно, Berlin значительно больше Ленинграда, и движение чрезвычайно большое, особенно автомобильное (Аллах святой! Скольких там!), но страшного ничего нет!

Что действительно сделано хорошо — это управл[ение] движением, оно, по-моему, поставлено образцово; через вполне определ[енные] промежутки времени сигнальный фонарь, поставл[енный] на перекрестке улиц, меняет свой цвет, в зависимости от чего останавливаются автомобили и трамвай и проходят пешеходы или наоборот.

За такой короткий срок о Германии можно сказать очень немного. Взгляд, который у меня содался на Германию, естественно, самый поверхностный — главным образом географический (если можно так выразиться).

У нас очень много говорили о том, что на западе используют каждый клочок, каждый кусочек земли под застройку, что, *мол, тесно* на свете. Ничего подобного: еще при полете над Германией мы видели огромные пространства болот, не подвергающихся никакой осушке, и за городом тоже имеются большие пространства, никак не использованные. Следующее обстоятельство тоже относится к «поверхностному» изучению Германии. Это чистота ее поверхности. И до чего же там, черт возьми, чисто, прямо смотреть противно: улицы, т.е. я хотел сказать — мостовые, блестят, как...как, ну скажем, мои ботинки (когда они новые), потому что каждая улица два раза в день моется щетками, такими, какими у нас паркеты в комнатах подметают, дома все сияют совершенно невероятно; я пока в Berlin'e не заметил ни на одном из домов малейшего изъяна; по-видимому, при появлении малейшего изъяна его немедленно ликвидируют, а не ждут (как это делается у нас), пока весь дом начнет разваливаться. Еще можно сказать

* ЯгДорфман — начальник лаборатории ФТИ, в которой в то время работал И.К.Кикоин.

несколько слов относительно рекламы (в Берлине, по крайней мере). Вот это сделано здорово. Как это подробно описать, я даже не представляю себе, для этого необходимо разговаривать с вами лицом к лицу и разговаривать, главным образом, руками, но сейчас вы вряд ли можете видеть то, что я делаю. Но все-таки попробуйте себе представить картину, когда все дома Ленинграда будут иллюминированы до отказа, до бесчувствия, причем не так просто лампочки насажены и горят, это неинтересно. Представьте себе, что, скажем, все карнизы дома обтянуты стеклянными трубками, через которые идет газовый разряд (Гейслеровый), причем яркости необычайной, цвета всякие, буквы надписи сделаны таким же образом. Затем, представьте себе, следующий дом разукрашен плакатом, сделанным из лампочек, и плакат живой, т.е. весь ходит, меняет свою форму, свое содержание, и размером он с большой дом. Дальше на третьем доме вы видите гигантский светящийся, переливающийся всеми цветами радуги калейдоскоп-рекламу, и все это блестит, горит, сверкает и, главное, движется (динамика великая вещь!) и, может быть, вы получите некоторое представление о вечернем блеске Berlin'a. Хотя моя скромность не позволяет мне на это надеяться.

Относительно нравов и людей я вам расскажу в следующий раз, чтобы не быть слишком поспешным и не впасть в ошибку. Эти два дня, которые я провел в Berlin'e, прошли довольно бессмысленно, потому что один из них был воскресный и все закрыто (у «нас» в Berlin'e неделя прерывная и семидневная), а второй день мы делали покупки и приводили себя под руководством Я.Г. Дорфмана в приличный вид. Об этом я тоже напишу в след[ующий] раз. Процесс приведения себя в «приличный» вид оставил гнусное впечатление, и сейчас даже писать противно об этом, да и так я уже очень долго задерживаю ваше внимание.

Разрешите мне на этом кончить и задать вам несколько вопросов, на которые я жажду получить ответ.

Во-первых: как ваше здоровье всех, Любочки, Яши, Ибрагима*, Дины и Абраши**? 2) Как дела в Ин[ститу]те, что нового? 3) Как, Ибрагим, у тебя дела в Лаборатории и в Культсекторе? Нужны ли какие-нибудь указания, сведения от меня? 4) Как дела у Дины и Абраши, где они работают? 5) Что слышно и что делается у нас в Магнитном отделе? Все это напишите и, конечно, вам представляется полная инициатива в собственных дополнениях к указанным вопросам. Я вам буду писать довольно часто о всех своих посещениях и обо всем, что я делаю. Жму крепко Ваши лапы, привет всем заграничным.

ИСААК!

* И.Г.Факидов — сотрудник лаборатории Я.Г.Дорфмана.

** Абрам Кикоин — брат И.К.Кикоина. В 1930 г. он учился в ЛПИ и работал в одной из лабораторий ФТИ.

Письмо №2

Leiden 16/X 1930 г.

Ну-с, вот я могу теперь продолжать! Сижую я теперь в Лейдене! Эти дни я так быстро переезжал с места на место, что письмо о данном городе запаздывает несколько, т.е. мне приходится писать о данном городе, находясь в другом. Итак, я обещал вам написать о своем поведении за границей. Хорошо! Да, между прочим, сохраните, пожалуйста, мои письма, они мне послужат дневником в дальнейшем, мне лень писать дневник (научную часть я, разумеется, записываю тщательно в отдельной тетрадке). Итак, я вам писал, что на второй день после приезда мы занялись покупками для приведения себя в приличный вид. Увидели бы вы ужас Якова Григорьевича при виде нас (меня с Борис Давидовичем в наших костюмах, кепках и ботинках!). У него было такое выражение лица, что он видит не людей, а по крайней мере... орангутангов или что-нибудь вроде этого. Нам оставалось посочувствовать ему и приняться за приведение себя в порядок.

Прежде всего мы отправились в т.н. K.D.W. (Kaufhaus des West [...]) — колоссальный универсальный магазин, примерно раз в 7—8 больше нашего «Дома Ленинградской кооперации». Отцы святые! Что за учреждение! Что за здание! Сколько света! Совершенно невероятно! Это пятиэтажный дом, занимающий целый квартал по обоим фасадам (он угловой) и, заметьте, без наружной световой рекламы, кроме горячей надписи на самом верху. Сам этот факт не удивителен, если только обратить внимание на то, что свет, исходящий из[нутри], заполнил бы собой все; настолько магазин ярко освещен. И чего только там нет: нет очередей, нет заборных книжек, нет беспорядка, нету шума и гама. Затем отсутствует само слово «нет», ибо чего бы вы ни спросили, моментально вы слышите ответ: Schön bitte (пожалуйста). У меня только духу не хватило, но почти убежден, что если бы спросили: «можно ли у вас купить Кикоина?», немедленно (последовал) бы ответ «ja wohl, bitte schön». Конечно перечислять все, что у них имеется, это праздное занятие. Я думаю, что я не ошибусь, если скажу, что у них все есть. Войдя туда, вы можете, при наличии некоторых данных в кармане, выйти оттуда сытым, пьяным, одетым, обутым (по последней моде), нагруженным сотнями квитанций, по которым вам завтра все доставят на дом, словом, замечательный магазин. (Там, в этом самом KDW, мы купили себе шляпы, теперь я хожу в шляпе; вид умопомрачительный!) Заплатили 14,5 марок (это 7 руб.), это считается дорогой шляпой. Затем купили себе полукрахмальные воротнички белее снега. Дальше мы отправились в самый крупный (или один из самых крупных) магазин готового платья, купили себе костюмы (синие!) и пальто.

Это событие крупнейшей важности, ибо эта операция облегчила наши карманы по крайней



Я.Г.Дорфман (в центре) и И.К.Кикоин (справа). 1929 г.

мере на 30%, с какой болью в сердце я расплачивался за это барахло! До сих пор неприятно! Но ничего не поделаешь: Яков Григорьевич очень напористо на нас напел, а Глазков и Ситников ему помогали усердно. (Они еще до нас нарядились!) Я не стану описывать вам процесс примерки и прилаживания костюмов; это делалось с такой предупредительностью, с такой готовностью в доску расшибиться перед тобой, что мне стало не по себе, и выбрав скоренько себе костюм и пальто по размеру, я уплатил и смысл, оставив костюм для маленькой переделки. Затем мы сделали еще несколько мелких покупок вроде носовых платков. Во время обеда появился Рогинский; таким образом, нас уже стало шестеро представителей славного Рентгеновского. Вечером мы были в говорящем Кино, но никакого удовольствия не получили, довольно скверно получается.

Завтра 14-го мы с Яков[ом] Григор[иевичем] отправились в Голландское консульство за визами для въезда в Голландию, и весьма быстро получив их (какой там любезный народ!), отправились домой. Затем я захватил с собой Бориса Давидовича Газулахова* и мы пошли в другой универсальный магазин — Вертгейма (Wertheim), он не меньше KDW, такой же изысканный, такой же грандиозный, и сделали там несколько мелких покупок. Я

* Б.Д.Газулахов — химик, сотрудник ФТИ.

же там сфотографировался (мне нужны были фотогр[афии] для документов). И вечером я с Яков[ом] Григор[ьевичем] уехал в Гамбург. Я, конечно, не все написал вам здесь, ибо места не хватит все писать, остальное расскажу после приезда. Кроме того, я на обратном пути буду еще в Берлине и остановлюсь несколько больше, поближе с ним познакомлюсь и больше смогу сообщить вам о нем.

От Берлина до Гамбурга 4 часа езды, и в тот же день вечером мы были в Гамбурге в 12 часов ночи.

Заехали в гостиницу и отправились немедленно шататься по городу (ночью). Город он очень большой и оживленный, несмотря на такой поздний час; освещен он и разрекламирован не меньше Berlin'a, но значительно безвкуснее. Здесь реклама яркая, пестрая, кричащая и посему очень некрасивая; я бы сказал — дешевая яркость и освещение. Гамбург поистине город притонов и вертепов. Когда мы спросили у портье в гостинице, куда-бы нам пойти погулять, он не задумываясь ответил: nach St. Pauli (Санта Паули — район Святого Паули). (Я потом сильно жалел бедного Паули (физика), который до последнего времени здесь жил, вот, верно, над ним издевались.)

Ну что же! Отправились мы в St. Pauli. Это район, где каждый дом представляет собой притон и кабак. Причем на главных улицах района они все ярко освещены снаружи с потрясающей рекламой, и какие-то типы ходят по улице и вручают прохожим листовки-адреса и программы разного рода кабаре и ресторанов (так они называются на благородном языке). Так вот, на главных улицах все гладко и хорошо, освещение, реклама, полисмэны, словом, все в порядке. Но вот стоит только свернуть в боковую улочку, или вернее, переулок, и конец. Гамбург выступает перед нами во всей неприглядной, накрашенной «красоте». Эти боковые переулки (их там множество) — это какой-то жуткий кошмар, я сейчас нахожусь в Лейдене, симпатичном, чистом, тихом городе, и содрогаюсь при воспоминании этого!

Мы свернули в одну из таких улочек, темную, освещенную лишь слабым светом тщательно завешенных окон домишек, в которых слышны заглушенные звуки какой-то музыки, пьяных песен и визга, и около каждого домика стоят проститутки и заывают с такой мольбой, с таким отчаянием в голосе, что мороз по коже пробирает. Как они должны быть несчастны, чтобы дойти до такого состояния. (Нужно сказать, что Гамбургский порт сейчас сильно опустел, и это сказывается, по-видимому, на всей жизни города.) Мы, попав в переплет, именно ... потому, что мы на каждом шагу боялись, как бы на нас не напали в такой темноте, и ни одного полисмэна, постарались поскорее выбраться. Назад идти нельзя, иначе нас примут не за прохожих, а за гуляющих и уже, конечно, не отпустят, и мы пошли вперед, быстро свернули на другую улочку и с большим трудом,

но выбрались на одну из освещенных улиц; я был потрясен, никогда ничего подобного я себе не представлял. Это жуткая картина. Я уже не пытался себе представлять, что же происходит за стенами домов, если на улице творятся такие ужасы. Потом я обратил внимание на то, что и на главных улицах творится то же самое и еще в большем масштабе, но это более замаскировано и не сразу видно. Мы немного еще побродили и отправились спать. Мы были в гостинице в 2 ч ночи.

Завтра утром мы отправились к Штерну* в университет]. Существуют же крайности в мире! Гамбург, по-моему, хорош своими контрастами, город, в котором почти рядом уживаются прямые противоположности.

Принял он нас очень любезно и предупредительно; обменялись любезностями и перешли к существу дела. Он стал показывать свой институт. Это Физический Ин[ститу]т при Гамбургском Университете. Нынче Ин[ститу]ту сделали специальную пристройку, которой Штерн очень гордится. Сама пристройка небольшая, но хорошо оборудована в смысле удобной подводки газа, воды, электричества и т.д. Принят целый ряд предохранит[ельных] мер от разного рода аварий и пр. и пр.; у меня это все записано отдельно. Затем он нам показал работы, которые у него непосредств[енно] делаются.

1) Отражение газовых молекул от кристаллов. Это то, что за последнее время появилось в печати в Zs. f. Phys.

Видал весь прибор, детально посмотрел устройство манометра Пирани и пр., и пр.

2) Определение степени ассоциации щелочных молекул. Путь очень простой — молекулы, т.е. пар натрия или калия, в виде пучка пускаются в магнитное поле, и так как атомы Na магнитны, а молекулы — нет, то первые в магнитном поле отклоняются, а вторые — нет и нужно только определить распредел[ение] плотности пучка в магнитном поле и без оно, и задача решена.

3) Определ[ение] электр[ических] моментов молекул отклонением их в электрическом поле, аналогично тому, как это делается в опыте Штерна и Герлаха, и некоторые другие менее интересные. У меня это все записано подробно, и я вам по приезду расскажу все детально.

Вечером мы выехали в Голландию, о которой напишу в след[ующем] письме. Пока скажу только, что мы уже были в Ин[ститу]те De-Naas'a** и осмотрели Ин[ститу]т в общем виде. Яков Григорьевич завтра уезжает в Бельгию. Я с ним еду до Эйхховена, где посмотрим лабораторию Philips'a***, а за

* ЭШтерн — немецкий физик-экспериментатор, опыты которого легли в основу квантовой механики (эффект Штерна—Герлаха).

** В. де Хаас — знаменитый голландский физик. Прославился своими работами по свойствам металлов в сильных полях.

*** Научно-исследовательская лаборатория, принадлежавшая известной фирме Philips.



С А.Ф.Иоффе на демонстрации в Ленинграде. 30-е годы.

тем возвращаюсь в Лейден, где буду детально знакомиться с лабораторией De-Naas'a — там есть замечательные вещи. Вообще, я хочу посмотреть поменьше лабораторий, но потщательнее. Тут очень славные ребята, и они с удовольствием меня будут знакомить с работами. Я же им буду помогать работать, это самый лучший вид знакомства. На обратном пути в Германию я еще на пару дней останюсь у Штерна, где тоже в деталях ознакомлюсь с работами; Яков Григорьевич удовлетворается беглым осмотром (с моей точки зрения никчемным).

Да! Я еще получил возможность познакомиться с заводом Kirr'a (знаете, есть знаменитые гальванометры Kirr'a).

Осматривали мы [институт] и разговаривали с сотрудниками часа четыре, после этого пошли обедать со Штерном и двумя его сотрудниками в ресторанчик. Пообедали, потом пошли кофе пить. Если бы вы знали, как они долго обедают!

2 часа, т.е. собств[енно] обедают они недолго, но разговаривают и курят после обеда! Невероятно.

Я поинтересовался темпом работы у них, так сказать, способом работы. И должен сказать — не лучше, чем у нас; также я не видал у них ни одной установки в действии, человек ее пособирает-по-

собирает, потом пойдет куда-нибудь, ну, словом, совсем как у нас! Народу там, правда, очень мало, человек 15, не больше. Когда мы сказали Штерну, что у нас 200 с лишним, он за голову схватился! Мастерские у них небольшие, но хорошие.

Пока, всего доброго! Через день получите след[ующее] письмо. Получили ли вы первое письмо и открытки? На всякий случай, адрес мой — на конверте.

Письмо №3

Мьнchen 14/XI 1930 г.

Ко всему можно привыкнуть при желании! Можно привыкнуть к немецкому образу жизни, к белоснежным воротничкам (которые я неизменно ношу), к галстукам и шляпе, к беглой немецкой речи (я уже теперь как настоящий немец говорю), словом? к чему угодно. Только трудно и притом весьма трудно привыкнуть к сознанию того, что человека замечают только тогда, когда он находится перед глазами, когда слышат его живую речь, когда он причиняет непосредственно неприятность или, наоборот, когда делает удовольствия; и тотчас забывают этого же человека, как только он скрывается с глаз долой и уезжает к черту на кулички за границу. К этому сознанию тяжелой действительности привыкнуть очень трудно, по крайней мере мне грешному. Но суровая действительность, упрямый экспериментальный факт, меня изо дня в день в этом убеждает и заставляет привыкнуть и к этому, и я думаю, что пройдет еще несколько времени, и я тоже к этому обстоятельству привыкну. Придется примириться с мыслью, что для тех, кого я считал своими друзьями, и даже для родного брата своего, я — ничто, или, во всяком случае, нечто такое, о чем думать или вспоминать даже не стоит давать себе труда.

Я уже сам решил, было, держаться с вами тактично, но мне это, видимо, значительно труднее дается, нежели вам, объясняется это тем, что я, как никак, нахожусь в чужой стране, без достаточно близких друзей и знакомых, кроме сотрудников лаборатории (очень, кстати, славных ребят, и относятся ко мне очень внимательно и дружелюбно), которые еще пока не могут полностью заменить ленинградских; и вот я опять взял перо и пишу вам послание (какое оно по счету? я даже забыл), мало надеясь на какую-нибудь реакцию на

него с вашей стороны. Тем не менее пишу так просто, чтобы душу отвести. Хотел было написать вам о своем житье-бытье здесь, да решил: «не стоит». Ведь согласитесь сами, писать можно и должно тогда и только тогда, когда есть сознание, что кто-то, хотя бы с некоторым, но все же с интересом его прочтет, но если сознаешь, что пишешь впустую, что письмо получают, взглянут мельком на него, «а-а! мол, это от Кикоина» и бросят не дочитав, то всякий интерес писать пропадает, и решил не сообщать о себе ничего.

Раньше у меня еще была «утешительная» мысль, что, может быть, вы очень аккуратно письма шлете, но они почему-либо медленно идут или вообще не доходят, но теперь и эта мысль оказалась несостоятельной, ибо из всех городов я письма получал (из Одессы, Москвы, Пскова, Ленинграда), и Тазульнов[ский] систематически, чуть ли не через день, получает письма (я их отсылаю ему в Берлин) от жены, и я не вижу никаких оснований к тому, что ваши письма до меня не доходили, кроме единственного — что вы их и не пишете! Что, по-видимому, и соответствует действительности, достаточно мало отрадной для меня действительности.

Простите за столь невеселое письмо (почти плаксивое...) Что-же поделать, другого не получилось, не взыщите.

И.Кикоин

P.S. Если, паче чаяния, вам придет мысль написать мне чего-либо, знайте, что адрес мой до 25^{го}/XI с.г. следующий: Германия, Мьнchen, Ohmstragse 1 PensionGar...Herrn Dr. I. Kikoин.

Если это письмо прибывает к Вам не раньше 20^{го}, пишите по берлинскому адресу: Berlin, NW17, [] Str. 34. Привет всем знакомым, кто еще помнит мою фамилию.

И.К.

P.S. 1) Справка из календаря: Сегодня исполнилось 1 месяц и 6 дней с тех пор, как я уехал из Ленинграда.

2) Справка почтовая. От жителей малой Обьездной 14-б в Лесном (в Ленинграде) на мое имя за это время пришло одно письмо.

3) Нормальное письмо идет из Ленинграда в Мюнхен 3—4 дня.

За правильность указанных справок отвечаю чем угодно.

И.Кикоин

© Публикация **Н.И.Кикоин**

Новости науки

Астрономия

Планеты у А-звезд

Астрономы предпочитают искать внесолнечные планеты у звезд, подобных Солнцу, и не без причины. Для измерения слабых вариаций радиальной скорости светила, вызванных обращением планеты, нужны тонкие спектральные линии, к тому же не обладающие заметной собственной переменностью. Этим требованиям в первую очередь удовлетворяют именно солнцеподобные звезды. Светила меньших масс тусклы, и потому их трудно изучать, а у более массивных и горячих звезд спектрального класса А и более ранних классов, например у Веги или Сириуса, очень мало спектральных линий. К тому же быстрое вращение и пульсации массивных звезд приводят к уширению линий, что затрудняет контроль за их доплеровским смещением.

Означает ли это, что попытки обнаружить планеты у А-звезд обречены на неудачу? Дж.Джонсон (J. Johnson; Калифорнийский университет в Беркли, США) и его коллеги обнаружили, что обойти эту проблему позволяет звездная эволюция. Объектом их наблюдений стали *бывшие* А-звезды, сошедшие с главной последовательности и превратившиеся в субгиганты¹. Как объясняет Джонсон, субгигант представляет собой звезду примерно той же массы, что и нормальная А-звезда, но большего радиуса, с низкой температурой и значительно меньшей скоростью вращения, поэтому при ее наблюдениях удастся достичь той же точности определения лучевой скорости, что и при наблюдениях

¹ Johnson J. et al. // *Astroph. J.* 2007. V.665. P.785.

звезд солнечной массы. Джонсон назвал такие проэволюционировавшие звезды с почти завершившимся этапом горения водорода «А-звездами на пенсии».

За последние три года Джонсон и его коллеги исследовали 120 субгигантов и у семи звезд с массами более $1.5 M_{\odot}$ обнаружили планеты, подобные Юпитеру. Поскольку еще восемь планет у массивных звезд были известны ранее, теперь полное число массивных звезд с планетами достигло 15. По мнению авторов исследования, этого уже достаточно, чтобы делать некоторые статистические выводы. В частности, они обращают внимание на то обстоятельство, что ни одна из этих планет не находится ближе 0.8 а.е. от родительской звезды, в отличие от планет вокруг звезд солнечной массы, периоды которых иногда измеряются несколькими днями. И это при том, что метод лучевых скоростей, с помощью которого были обнаружены эти объекты, наиболее приспособлен для поиска именно близких планет.

Конечно, для самых близких планет не могло пройти бесследно превращение родительской звезды в субгигант, но оно затронуло бы лишь «горячие юпитеры» на расстояниях не более 0.15 а.е. от звезды. Джонсон и его коллеги предполагают, что отсутствие близких планет каким-то образом связано с особенностями миграции новорожденных «юпитеров» в протопланетных дисках вокруг массивных звезд.

В целом масса звезды должна быть важным параметром в формировании планет, поскольку чем больше молодая звезда, тем массивнее газопылевой диск, которым она окружена. Это означает, что у А-звезд планет должно быть

больше. Предварительные результаты Джонсона с соавторами как будто подтверждают это предположение. По их оценкам, вероятность найти гигант типа Юпитера на расстоянии до 2 а.е. от родительской звезды составляет 1% для М-карликов, 4% для солнцеподобных звезд и порядка 9% для звезд с массами от 1.3 до $2 M_{\odot}$. Доля планетных систем у звезд с массой порядка $3 M_{\odot}$ может достигать 20%.

Чтобы подтвердить свои выводы, Джонсон и его коллеги из США и Германии собираются исследовать еще 300 субгигантов и в ближайшие три года предполагают обнаружить 20–30 новых планет. Это позволит уверенно ответить на вопрос, реальна ли нехватка планет в пределах 0.8 а.е. от массивной звезды или же это просто статистический выброс из-за небольшого объема выборки.

© **Вибе Д.З.**,
доктор физико-математических наук
Москва

Планетология

Первая периодическая комета SOHO

Самый удачливый охотник за кометами на сегодняшний день — это солнечная и гелиосферная обсерватория SOHO (Solar and Heliospheric Observatory), осуществляющая постоянный мониторинг окрестностей Солнца. Количество «хвостатых» странниц, попавших в поле ее зрения, перевалило уже за 1300, поэтому само по себе обнаружение кометы с помощью SOHO — не такая уж и новинка. Но комета, обнаруженная в сентябре 1999 г. любителем астрономии из Австралии Т.Лавджоем (T. Lovejoy), все-таки заслу-

живаает особого упоминания. В сентябре 2007 г. она стала первой из комет SOHO, за которой официально закреплен статус периодической.

Большинство комет SOHO не оставляют ни себе, ни астрономам шансов на повторное наблюдение. Чтобы попасть в поле зрения камеры LASCO (Large Angle and Spectrometric Coronagraph Experiment), комета должна очень близко подлететь к нашему светилу, и для большинства комет это свидание заканчивается плачевно. Конечно, некоторые кометы SOHO выживают и уходят на следующий круг, но этого еще недостаточно, чтобы считать их периодическими. Официально хвостатая звезда получает этот статус, если ее удалось наблюдать на протяжении не менее двух оборотов вокруг Солнца и ее период не превышает 200 лет. Астрономами открыты тысячи комет, но из них в качестве периодических классифицировано всего около 200. Самая известная периодическая комета — это комета Галлея, возвращающаяся каждые 76 лет и в последний раз посетившая нас в 1986 г.

Новая находка SOHO по размерам своей орбиты несравнима с кометой Галлея: один оборот вокруг Солнца она совершает всего за четыре года. Впервые комета была обнаружена в сентябре 1999 г., в следующий раз — в сентябре 2003 г. В 2005 г. С.Хониг (S.Hoenig; Институт радиоастрономии Общества им. М.Планка, Германия) заметил, что объекты, наблюдавшиеся в двух этих случаях, находятся на столь похожих орбитах, что, вероятно, представляют собой один и тот же объект. Чтобы проверить свою догадку, он вычислил орбиту кометы и предсказал, что она вернется к Солнцу 11 сентября 2007 г. Предсказание Хонига блестяще подтвердилось — комета появилась в поле зрения камеры LASCO точно по расписанию, и теперь ей присвоено обозначение P/2007 R5 (SOHO), где буква P как раз и подчеркивает ее периодичность.

Правда, есть одна странность: P/2007 R5 (SOHO) не очень похо-

жа на обычную комету. Точнее, у нее нет ни заметного хвоста, ни комы — т.е. туманной оболочки вокруг ядра, благодаря которой кометы, собственно, и получили свое название. Сначала ученые предположили даже, что это на самом деле астероид. Однако, приблизившись к Солнцу, объект P/2007 R5 (SOHO) все-таки проявил некоторые кометные признаки. Когда он проходил в 7.9 млн км от светила, яркость ядра возросла почти в миллион раз — типичное поведение для кометы. «Возможно, мы имеем дело с разновидностью потухшей кометы», — считает руководитель программы поиска комет на SOHO К.Баттамс (K.Battams). Потухшие кометы — это кометы, ядра которых уже растеряли все летучие вещества, и потому образовать хвост или кому им просто не из чего. Теоретически, такие объекты в Солнечной системе должны быть широко распространены.

Пролетев мимо Солнца, комета потускнела так же быстро, как и вспыхнула, и вскоре стала слишком слаба для инструментов SOHO. Согласно проведенным оценкам, диаметр ядра кометы P/2007 R5 (SOHO) составляет, вероятно, всего 100–200 м. Следующее ее возвращение ожидается в сентябре 2011 г.

http://www.esa.int/esaSC/SEMAU2C1S6F_index_0.html

Физика

Квантовый компьютер в алмазе при комнатной температуре

Использование естественных структур для проведения квантовых вычислений — давняя мечта специалистов¹. Применять для этой цели спиновые состояния ядер атомов, внедренных в кристалл, предложил еще в 1998 г. Б.Кейн (B.Kane; Университет Нового Южного Уэльса, Австралия) — такую возможность он обосновывал чрезвычайно медленной релаксацией ядерных

¹ Молекулярные спиновые кубиты // Природа. 2008. №1. С.84–85.

спинов. По его идее, управление состояниями отдельных ядерных спинов (кубитов), организация взаимодействия между ними и считывание (измерение) их состояний должны совершаться с помощью электронов. В своем первоначальном виде конструкция Кейна из-за огромных технологических трудностей до сих пор не реализована, но время от времени предлагаются разные ее вариации. Впечатляющих успехов в этом направлении добилась американско-германская группа исследователей².

В качестве кубитов ученые использовали состояния спинов ядер изотопов ¹³C, которые естественным образом содержатся в кристаллической решетке алмаза. Взаимодействие между ними осуществляли электроны на азотных вакансиях (отдельные вакансии в кристалле выявляли методом оптической сканирующей конфокальной микроскопии) — их волновые функции расплываются на столь большие расстояния, что в каждой такой области может находиться сразу несколько ядер ¹³C. Различие в положении ядер вызывало вариации силы этого взаимодействия, что сказывалось на частоте ядерного магнитного резонанса и обеспечивало возможность адресации к определенным ядрам-кубитам.

В эксперименте удалось выполнить квантовые операции на системе из двух кубитов (один из них — спин ядра, другой — спин электрона) при комнатной температуре! Продемонстрировано также взаимодействие спинов нескольких ядер ¹³C посредством электрона на вакансии.

В планах на ближайшее будущее — изучение системы, содержащей несколько кубитов. Исследователи полагают, что их количество в квантовом компьютере можно увеличить, если использовать спины ядер, находящихся вблизи нескольких соседних вакансий.

<http://perst.issp.ras.ru> (2007. Т.14. Вып.12/13).

² Gurudev Dutt M.V. et al. // Science. 2007. V.316. P.1312–1316.

Физика

Двухкубитные операции с нейтральными атомами

Системы нейтральных атомов, охлажденных до низких температур и находящихся в узлах оптической решетки (она образуется при интерференции лазерных пучков), — перспективные кандидаты для хранения квантовой информации из-за очень слабого взаимодействия их с внешним окружением и, следовательно, большого времени декогерентизации. При этом с каждым атомом ассоциируется один квантовый бит (кубит), логические состояния $|0\rangle$ и $|1\rangle$ которого отвечают различным проекциям полного спина¹.

Группа американских исследователей во главе с М.Андерлини предложила и реализовала способ контролируемого перепутывания спиновых состояний двух атомов ⁸⁷Rb, расположенных в соседних минимумах потенциала оптической решетки². Метод основан на использовании симметрии волновой функции двух тождественных бозонов (в данном случае атомов ⁸⁷Rb) относительно их перестановки (обмена местами). Полная двухчастичная волновая функция представляет собой произведение спиновой (описывающей внутренние состояния атомов) и координатной (описывающей их расположение в пространстве) компонент. Симметрия полной волновой функции накладывает определенные ограничения на симметрии этих компонент: если спиновая часть симметрична, то координатная — тоже симметрична, а если антисимметрична, то и координатная — антисимметрична. Существенно, что в состоянии с антисимметричной координатной волновой функцией два атома не могут находиться в одной точке, а вероятность того, что они окажутся близко друг к другу, очень мала. Напротив, состояние симметрич-

ной координатной волновой функции благоприятствует сближению атомов, а значит — и их взаимодействию между собой.

Взаимозависимость спиновой и координатной функций ученые использовали для осуществления двухкубитных операций: при понижении барьера между двумя минимумами потенциала решетки оба атома ⁸⁷Rb оказываются в одной потенциальной яме, занимая в ней основной и первый возбужденный колебательные уровни. При этом они находятся в суперпозиции состояний с разными спиновыми (и, соответственно, координатными) волновыми функциями. Взаимодействие атомов происходит только в состоянии с симметричной координатной функцией, в этом случае имеют место квантовые осцилляции между различными спиновыми состояниями. В результате удается осуществить двухкубитную операцию SWAP: $|01\rangle \rightarrow |10\rangle$. Время этой операции (t_{SWAP}) в эксперименте составило ~0.1 мс, что на два порядка меньше времени декогерентизации (~10 мс).

Таким образом, на пути к квантовому компьютеру сделан еще один шаг.

<http://perst.issp.ras.ru>
(2007. Т.14. Вып.16).

Электроника

Еще раз про кремниевую спинтронку

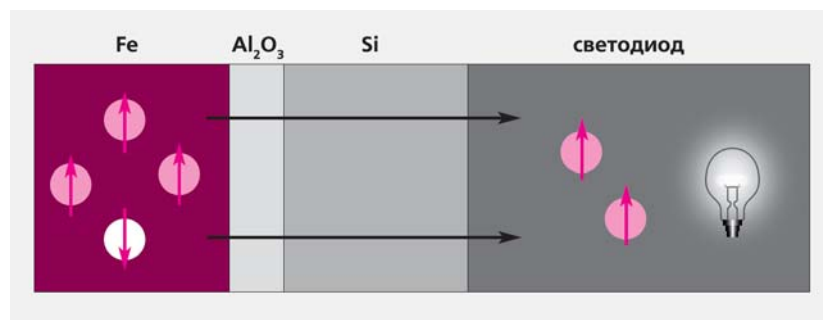
«Зарядовая электроника» почти исчерпала свои ресурсы: улучшать характеристики полупровод-

никовых интегральных схем с каждым годом становится все труднее. Одна из возможных альтернатив — спинтроника, в которой функции зарядов выполняют электронные спины. Существенного успеха³ в этой области удалось достичь в экспериментах с полупроводником GaAs, но для широкомасштабного коммерческого использования спинтроники требуется гораздо более технологичный материал, в идеале — все тот же кремний.

Недавно американские специалисты убедительно продемонстрировали возможность инжекции спинов из ферромагнетика в кремний (создав для этого на границе полупроводника и ферромагнитного металла туннельный барьер, сопротивление которого велико и зависит от направления спина электрона)⁴. Однако спинполяризованный ток при этом оказался очень небольшим из-за сложной конструкции многослойной структуры, использованной в эксперименте. К тому же с кремнием связана еще одна проблема, обусловленная спецификой его электронной зонной структуры (межзонные переходы носителей — не прямые). Эта особенность не позволяет напрямую анализировать поляризацию электронных спинов, определяя поляризацию света, который испускается при излучательной рекомбинации инжектированных в кремний электронов с дырками.

³ Lou X. et al. // Nature Phys. 2007. V.3. P.197—202.

⁴ См. также: Кремниевая спинтроника // Природа. 2007. №10. С.78—79.



Инжекция спин-поляризованного тока в кремний и далее — в светодиод из GaAs.

¹ Подробнее о кубитах см.: Валиев К.А., Коккин А.А. От кванта к квантовым компьютерам // Природа. 2002. №12. С.28—36.

² Anderlini M. et al. // Nature. 2007. V.448. P.452—456.

Продвинуться в решении проблемы удалось группе американских исследователей во главе с Б.Джонкером¹. Они добились как минимум 10%-го различия между величинами силы тока, создаваемого электронами с разной ориентацией спинов при их туннелировании в кремний из контакта Fe через барьер Al₂O₃. Более того, вырастив структуру Fe/Al₂O₃/Si на светодиоде GaAs, экспериментаторы показали, что спины остаются поляризованными и после прохождения границы Si/GaAs, причем вплоть до $T = 125$ K.

Такая методика инъекции спинов в кремний позволяет вплотную приступить к конструированию новых кремниевых спин-электронных устройств, например спиновых полевых транзисторов, в которых проводимость определяется относительной намагниченностью ферромагнитных контактов.

<http://perst.issp.ras.ru>
(2007. Т.14. Вып.16).

Организация науки

Гигаинвестиции в нанотехнологии

Многие компании, которые включились в nanoисследования и наноразработки, привлекают значительные частные и бюджетные инвестиции. Способствуют ли эти вливания изготовлению новой продукции, или чрезмерное финансирование ведет к опасному чувству самоуспокоенности? Многочисленные компании, имеющие «nano» в своем названии, далеко не всегда имеют отношение к нанотехнологиям — модный префикс просто используется в рекламных целях. Есть опасения, что когда дутые фирмы лопнут, инвесторы потеряют деньги и, как следствие, доверие ко всему нанобизнесу. А тогда могут погибнуть и компании, создающие действительно инновационную, прорывную продукцию.

У некоторых инвесторов разочарование уже наступило: в по-

следние годы nanoисследования заметной прибыли не принесли. И в результате в 2006 г. во вновь создаваемые нанотехнологические компании в США вложено всего 650 млн долл. (в 2005-м — более 1 млрд). Сегодня США остаются в лидерах, но наблюдается медленное ослабление их позиции: объем корпоративного финансирования нанотехнологий за 2005—2006 гг. увеличился всего на 9%, в то время как общий рост в мире за эти годы составил 19%, а в Японии и Южной Корее — 29 и 30% соответственно.

Впрочем, объем национальных вливаний — показатель неоднозначный. Это связано с глобализацией исследований. Так, германский химический гигант BASF анонсировал заключение соглашения с сингапурской компанией «NanoMaterials Technology» о совместных разработках наночастиц цинкида; американская «Dow Corning» установила стратегическое партнерство с германским разработчиком наночастиц «Nanogate»; «General Electric» установила оборудование для nanoисследований в Китае и Индии; материаловедческий гигант «Rohm and Haas» открыл технический центр на Тайване; ирландский разработчик лекарств «Elan» сотрудничает с американскими компаниями «Merck» и «Abbott».

Появились сообщения, что США могут уступить первенство в нанотехнологиях развивающимся экономикам, и прежде всего Китаю, который занимает лишь шестое место в мире по государственному финансированию наноразработок и пятое — по корпоративному. В КНР ведутся преимущественно малозатратные работы, относящиеся, в частности, к наноструктурированным материалам и различным химическим реактивам. Впрочем, и прибыль в этих областях ожидается меньше, чем, например, в биотехнологиях.

Инвесторам, изучающим нанотехнологическую информацию в поисках прибыльных вложений, стоит ориентироваться на многонациональные объединения, спо-

собные проводить глубокие фундаментальные исследования в этой области. Вложившись в них на начальной стадии, в дальнейшем можно не только преуспеть в создании инновационных продуктов, но и навести мосты для глобального нанорынка.

В любом случае наномода пойдет на пользу науке: государственные и корпоративные сверхвложения в новые технологии могут серьезно продвинуть широкие фундаментальные исследования.

http://www.nanotoday.com/pdfs_nanoday_04_2007/articles/nano_v2_4_opinion01.pdf; <http://www.thestreet.com/news-analysis/general/10347242.html?pucc=tscc>; <http://perst.issp.ras.ru> (2007. Т.14. Вып.16).

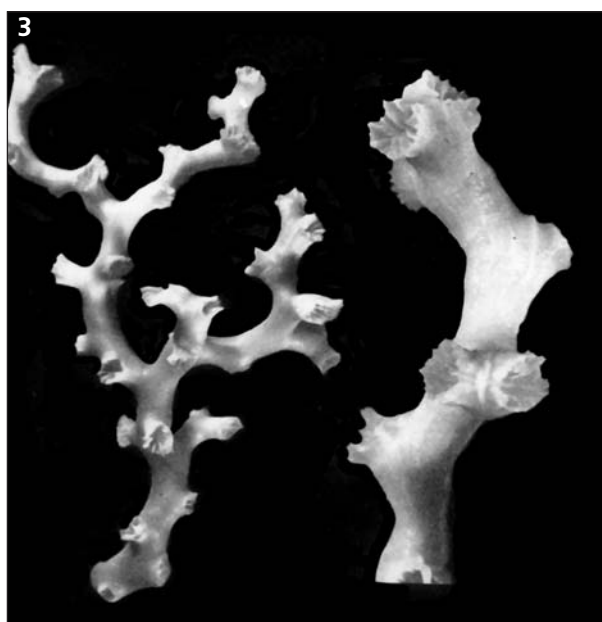
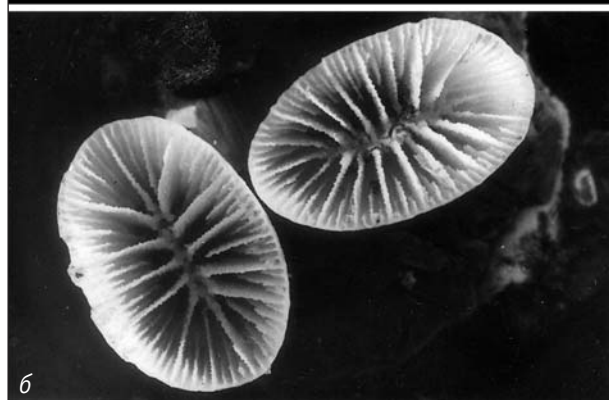
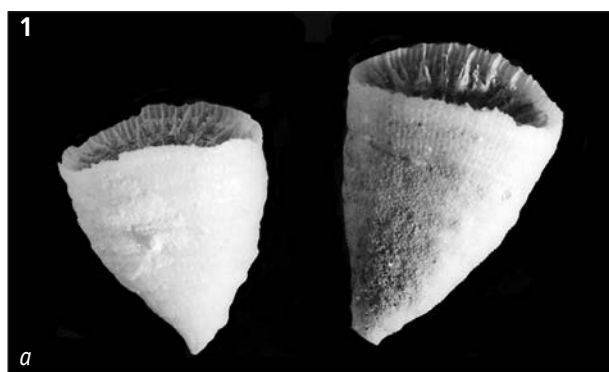
Биогеохимия

Живой коралл умеет защищать свой скелет

Широко известно, что с начала индустриальной революции человечество сожгло миллиарды тонн угля, нефти, газа. В результате трансформации земной атмосферы в ней увеличилось содержание CO₂, что способствовало росту глобальной температуры, таянию ледников и т.д. Но этим дело не кончается: увеличение концентрации CO₂ наносит необратимый урон животным, населяющим океан, особенно тем, которые имеют известковый скелет. Повышение кислотности морской воды вызвало, например, растворение карбонатных скелетов некоторых океанических животных, в частности планктонных птеропод.

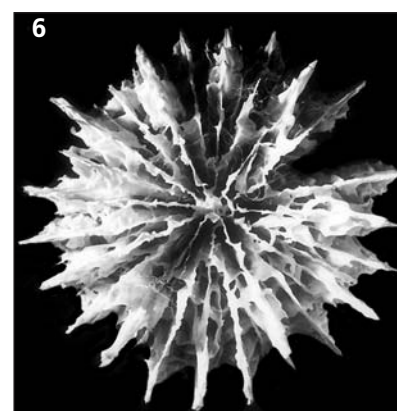
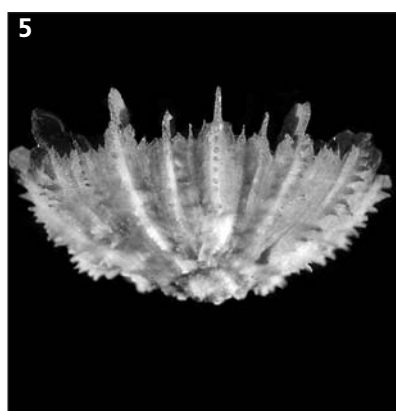
Не многие знают, что, кроме всем известных рифообразующих кораллов, которые обитают в тропиках на небольших глубинах, в океане широко распространены кораллы, лишенные симбиотических водорослей — зооксантелл; это в основном одиночные, реже — колониальные формы, живущие в большом диапазоне глубин, от верхней кромки шельфа до абиссали (более 5—6 км).

Глубоководные склерактиниевые кораллы вследствие своей малочисленности и обитания на больших океанских глубинах



весьма труднодоступны для исследования. В Институте океанологии РАН есть уникальная коллекция этих кораллов, собиравшаяся в течение десятков лет и изученная Н.Б.Келлер — специалистом по глубоководным кораллам. Имея в своем распоряжении такую коллекцию, авторы сообщения задались вопросом, как реагируют кораллы на изменения состава морской воды в разных регионах океана, способны ли они противостоять происходящим изменениям.

Надо сказать, что химический состав глубоководных кораллов до сих пор мало изучен. Проведенный нами анализ 10 видов кораллов позволил определить содержание в их скелетах 13 химических элементов — Ca, Si, Sr, Mg, Mn, K, Fe, Ti, Al, Zn, Cu, Pb, Cd (про-



Одиночные глубоководные кораллы: 1 — *Flabellum curvatum* (а — вид сбоку, б — вид сверху), Патагонский шельф, глубина 700 м; 2 — *Deltocyathus conicus*, Мексиканский зал., глубина около 500 м; 3 — *Solenosmilia variabilis* (правая часть увел. 1.5), Срединно-Атлантический хребет, глубина 1700 м; 4 — *Flabellum apertum* (вид сбоку), котловина Агульяс у берегов Южной Африки, глубина 1400 м; 5 — *Stephanocyathus diadema* (вид сбоку), котловина Мексиканского зал., глубина 1170 м; 6 — *Fungiacyathus marezzelleri* (вид сверху), Алеутский желоб, глубина 5070 м.

чие не изучались). Сопоставление уровней содержания этих элементов в скелетах и в окружающей воде показало, что кораллы в процессе биоминерализации не накапливают калий, слабо накапливают магний, а остальные изученные элементы концентрируют с разными коэффициентами обогащения¹. В зависимости от глубины обитания кораллов содержание элементов в их скелетах существенно варьирует: так, кальций и магний уменьшаются с глубиной, а отношение Sr/Ca от глубины не зависит.

Другим направлением наших исследований было изучение карбоната (арагонит и кальцит) материала, который формирует скелеты глубоководных кораллов. Мы полагали, что соотношение между арагонитом и кальцитом может меняться от района к району и зависит от глубины, однако наше предположение не подтвердилось. Соотношение арагонит/кальцит оставалось во всех изученных пробах почти постоянным, причем содержание арагонита составляло 98—99%. Даже на глубине ниже критической, где начинается растворение карбоната, живое тело коралла хорошо защищает свой скелет. На мелководье, где влияние человеческой деятельности ощутимее, чем на глубине, растворения скелетов тоже не отмечено. Таким образом, пока коралл жив, он достаточно успешно защищает свой скелет от растворения агрессивной средой.

Возникает вопрос — почему все же коралл предпочитает кальциту более растворимый арагонит? Возможно, это связано с тем, что форма кристаллов арагонита больше подходит для формирования микроструктуры скелетных элементов, однако это требует дальнейшего изучения.

© Келлер Н.Б.,
Демина Л.Л., Оськина Н.С.,
кандидаты геолого-
минералогических наук
Москва

¹ Подробнее см.: Келлер Н.Б., Демина Л.Л., Оськина Н.С. // Геохимия. 2007. №8. С.905—912.

Океанология

Круговорот марганца в океане

Исследования показали, что, единожды попав в океан с терригенным сносом, гидроксид марганца ($MnO_2 \cdot nH_2O$) не может быть изъят из него и способен только накапливаться при эволюционном развитии Земли. Будучи главным рудообразующим металлом отложений, во многом контролирующим их состав и свойства, Mn за геологические времена образует колоссальные накопления на океанском дне, представляющие значительный экономический интерес. Это связано с высокой сорбционной активностью гидроксида Mn — непревзойденного природного сорбента, который способен связывать рудные концентрации ряда микроэлементов (Ni, Co, Cu и др.), образуя ценное минеральное сырье. Одновременно гидроксид Mn сохраняет экологическую среду океана, сорбируя излишки токсичных металлов из морской воды.

Однако в современном океане периодически происходят эндогенные коллизии, обусловленные разными причинами (активизацией тектоно-магматических процессов в срединно-океанических хребтах, в зонах субдукции и пр.), но результат один — изменение высокоокисленной океанской среды на восстановленную. В этих условиях гидроксид Mn растворяется и высвобождает все связанные с ним металлы. В растворенном состоянии Mn^{2+} находится до поры, пока среда нормализуется, что неизбежно наступает в условиях современного океана, после чего происходит регенерация гидроксида Mn и относительно быстрое осаждение и соосаждение его с растворенными металлами. При регенерации часть металлов изымается из окисного рудогенеза, образуя в восстановительных условиях собственные минералы или входя в состав других. Поэтому регенерированные отложения теряют часть Fe, а также некоторые микроэлементы, последую-

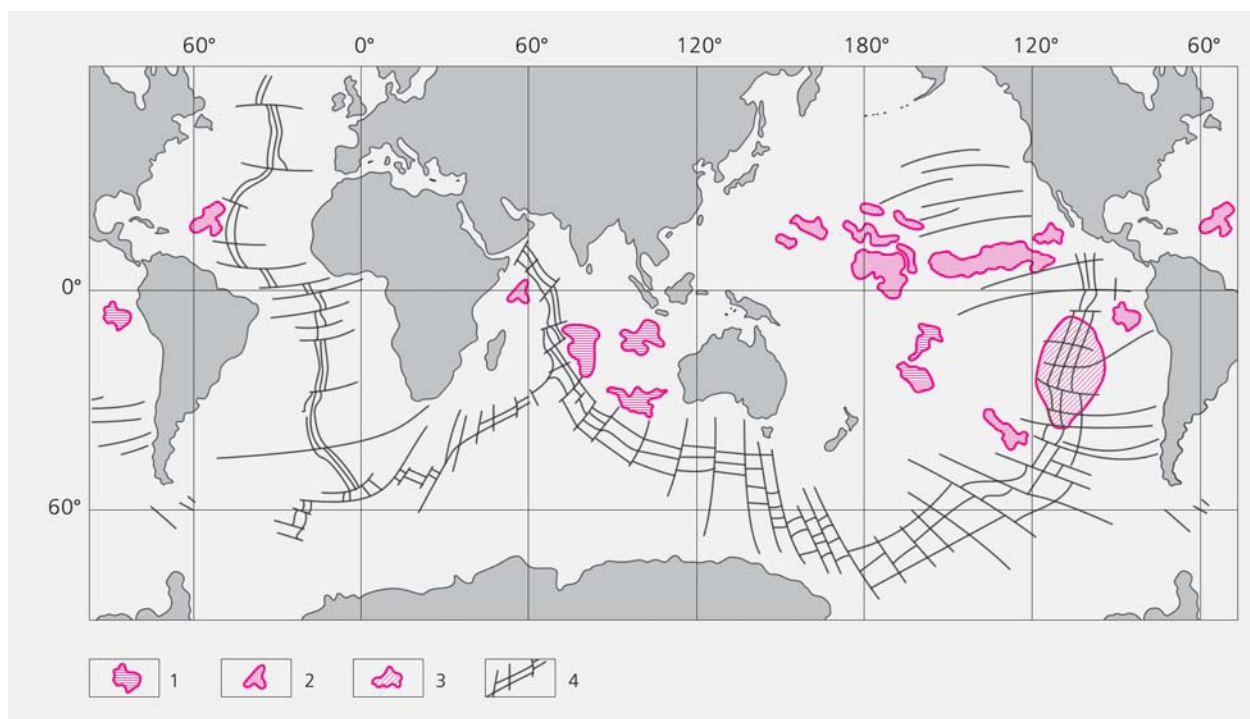
щее накопление которых — функция времени.

В геологической истории Земли известны и периоды глобальных катаклизмов, когда восстановленная морская вода становилась агрессивной по отношению к железо-марганцевым образованиям (ЖМО) и растворяла их. В таких случаях она оказывалась тем вместилищем марганца, где он переживал неблагоприятные условия. Такие события случались неоднократно, и всегда морская вода, обладающая высокими буферными свойствами, восстанавливала свой исходный состав, приводя к регенерации окисных рудных отложений. Так осуществляется замкнутость круговорота Mn в океане².

Эта идея позволяет разрешить важную проблему в океанском рудообразовании и объяснить, как смогли возникнуть гигантские накопления Mn за счет поставки его с терригенным сносом за то время, которое ограничено возрастом ложа современного океана, т.е. менее чем за 170 млн лет (именно такой максимальный возраст окраин океана следует из данных глубоководного бурения). До сих пор это объяснялось гидротермальной поставкой Mn, причем этому источнику отводилось до 90% содержания Mn в океанских рудах. Однако такая точка зрения не нашла документального подтверждения и остается на уровне предположений уже более 30 лет.

На самом деле Fe-Mn рудогенез — процесс осадочный. Начало его лежит в глубокой древности, когда на Земле появились первые водные бассейны. Произошло это более 4 млрд лет назад, а около 2 млрд лет назад масса воды в океане и ее состав были близки к таковым в современном океане. Это значит, что осадконакопление и неразрывно связанное с ним осадочное рудообразование происходили задолго до того, как сформировался современный океан.

² Подробнее см.: Базилевская Е.С. Исследование железо-марганцевых руд океана // Труды Геологического института РАН. М., 2007.



Основные рудные поля ЖМО в Мировом океане (упрощено, по Аникеевой и др., 2005): 1 – рудные поля конкреций, 2 – отложения коралков, 3 – металлоносные осадки, 4 – система спрединговых хребтов.

На приведенной карте показано расположение основных рудных полей в океане, перспективных для освоения. Здесь четко выявляется их глобальная асимметрия: в восточном индо-тихоокеанском сегменте находится девять из 10 полей, а в западном индо-атлантическом — только одно. Подсчеты показали, что в восточном сегменте марганца накопилось почти в 70 раз больше, чем в западном. Чтобы понять, как это произошло, обратимся к палеорекострукции распада суперконтинента Гондвана, начавшегося 250 млн лет назад. На схеме видно, как образовался Индийский океан с резко отличающимися накоплениями окисных руд в его пределах. Западная его часть, обедненная ЖМО, раскрывалась по мере движения Индии от Африки в север-северо-западном направлении. Одновременно происходило и раскрытие Атлантики, отходившей от Африканского континента на запад. Так сформировались «молодые» океаны в западном сегменте Земли с молодым рудогенезом. Восточную половину Земли



Палеорекострукция расположения континентальных блоков 200 млн лет назад по данным глубоководного бурения (стрелки показывают направление движения континентов).

занимала древняя Пацифика (Тихий океан). Ее западный клин при распаде Гондваны был отрезан продвижением Австралии в северном направлении, и таким образом сформировалась древняя восточная часть Индийского океана, унаследовавшая древние накопления ЖМО. Заметим, что асимметрия в распространении ЖМО хорошо совпадает с известной структурной асимметрией Земли, разделяющей ее на два сегмента по строению и геологической истории.

© **Базилевская Е.С.**,
кандидат геолого-минералогических наук
Москва

Палеогеография

Растительность в районе моря Лаптевых 200 тысяч лет назад

В ходе совместных российско-германских исследований по проекту «System Laptev Sea» были получены пыльцевые данные из нескольких ключевых разрезов в море Лаптевых, датированных различными методами (радиационным, термолюминесцентным, палеомагнитным). Пыльцевые спектры, изученные сотрудниками Института полярных и морских исследований им.А.Вегенера и Института геологических наук (Германия) А.А.Андреевым, П.Е.Тарасовым и др., позволили реконструировать историю растительности и климата в этом регионе за последние 200 тыс. лет.

Картина происходивших изменений выглядит следующим образом: 200—170 тыс. лет назад здесь господствовали относительно влажные злаково-осоковые тундры, летний климат был довольно теплым; 170—130 тыс. лет назад климат стал более суровым и растительность оскудела. В начале казанцевского межледниковья, около 130 тыс. лет назад, преобладали открытые злаково-попынные ценозы, а позднее, во время оптимума межледниковья, распространилась кустарниковая тундра (тогда июльские температуры были на

4—5°C выше современных). 110—50 тыс. лет назад наступила пора сухих осоково-злаковых ценозов с редким разнотравьем. Средневалдайские отложения (50—30 тыс. лет назад) характеризуются более высокой концентрацией пыльцы, в основном злаков и осок с примесью разнотравья (в основном гвоздичных), присутствие пыльцы ивы, березы и вересковых растений указывает на климат сравнительно теплый и влажный. Значительно меньшая концентрация пыльцы отмечена в спектрах, датированных 30—26 тыс. лет назад — в это время господствовали осоково-злаково-попынные ассоциации; растительный покров стал разреженным, а климат — более сухим и холодным. В позднем валдае (26—16 тыс. лет назад) климат был очень сухой и холодный, но затем, 16—12 тыс. лет назад, он стал значительно теплее. Появление в пыльцевых спектрах ивы и березы отражает существенное улучшение климата, наступившее 12—11 тыс. лет назад. На протяжении 9—7.5 тыс. лет назад летние температуры были на 4—5°C выше современных. В дальнейшем ива и береза постепенно исчезают, что свидетельствует об ухудшении климата, связанном, видимо, прежде всего с трансгрессией моря. Около 3.5 тыс. лет назад растительный покров приобретает современный облик.

Восстановление эволюции климата на Земле, в частности на северо-восточном побережье нашей страны, представляет несомненный интерес, особенно если учесть, что Арктику считают «кухней» климата.

Фундаментальные проблемы квартала: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований // Материалы V Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Москва, 7—9 ноября 2007 г. С.12—13.

Гляциология

К ледниковой истории Евразии

Интенсивное изучение верхнего плейстоцена Русской Арктики международными коллективами

по европейской программе QUEEN (Quaternary Environments of the Eurastan North) принесло множество новых данных относительно возраста осадочных образований последнего ледникового цикла. Они были получены самыми современными геохронометрическими методами, включая АМС (радиоуглеродный анализ с помощью ускорительной масс-спектрометрии), OSL (оптически стимулированной люминесценции), U/Th и др. Эти исследования резко улучшили корреляцию ледниковых событий Западной и Восточной Евразии.

В принципе подтвердив концепцию широтной асимметрии ледниковых систем — закономерных изменений климата с запада на восток континента, новые данные, приводимые В.И.Астаховым (Санкт-Петербургский университет), отличаются, однако, от прежних моделей. В частности, установлено, что к востоку от Белого моря на арктической суше поздневалдайское оледенение было крайне незначительным; вместо этого разрастались шельфовые ледниковые щиты — картина, обратная ледниковой истории Фенноскандии. Уже в конце морской изотопной стадии (МИС) 5, т.е. 90—80 тыс. лет назад, ледниковые покровы на шельфе достигли максимума. В последующие 60 тыс. лет менее мощные ледниковые покровы дальше всего продвинулись в Архангельской обл. Из-за растущей в течение ледникового цикла континентальности климата, т.е. увеличения амплитуды годовых температур и снижения уровня атмосферных осадков, арктические и сибирские ледники постепенно сокращались; к МИС 2 глубоко промерзшие территории Арктики и Субарктики настолько иссохли, что ледники не могли сохраняться даже в горах. В Верхоянье самые молодые морены оказались древнее 50 тыс. лет.

В приатлантической Евразии с устойчиво влажным климатом ледниковый покров разрастался до своей кульминации, наступившей 20 тыс. лет назад. В масштабах всего континента наиболее замет-

ной чертой становится растущая аридизация его северной окраины. Мощные, но малоактивные ледники Сибири почти никогда не отступали фронтально; они быстро переходили в стадию стагнации с последующей ареальной дегляциацией. Тонкая и неглубокая криолитозона Западной Европы не могла задерживать быстрого отступления ледников. Автор отмечает историческую тенденцию смещения материковых льдов на запад, которую, по его мнению, по-видимому, можно использовать и для стратиграфических корреляций. Отмечено также парадоксальное сочетание арктической бореальной трансгрессии с очень теплым и сухим летом за пределами гляциоизостатического прогиба. Так, на Новосибирских о-вах июльские температуры в межледниковье были на 7–12°C выше современных. Автор полагает, что более древние ледники достигли кульминации в Русской Арктике раньше, чем в Западной Европе.

Фундаментальные проблемы квартара: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований // Материалы V Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Москва, 7–9 ноября 2007 г. С.20–23.

Охрана природы

Как сохранить островных ящериц?

Островные популяции животных адаптированы к специфической среде, все параметры которой в той или иной степени связаны с ограниченностью пространства. На ящерицах она сказывается особенно сильно, поскольку у этих животных снижены миграционные возможности и стратегия их существования не предполагает резких изменений численности.

Оценке общих закономерностей популяционной экологии островных ящериц посвящено аналитическое исследование америка-

нских герпетологов Л.Баккли из Института Санта-Фе и У.Джетца из Калифорнийского университета¹. Они проанализировали экологические характеристики 643 популяций различных ящериц — как островных, так и материковых — в разных регионах. Оказалось, что у одних и тех же видов плотность населения на островах может быть на порядок выше, чем на материковой части ареала, даже при сходных ресурсах среды. С другой стороны, численность врагов и конкурентов лишь незначительно отражается на плотности материковых популяций, а на островах наличие и обилие врагов-конкурентов оказывается ведущим фактором состояния популяции. Поэтому, например, резкое сокращение числа враждебных животных может кардинально повысить шансы на выживание островного вида.

Эти закономерности прекрасно иллюстрирует работа, выполненная группой новозеландских исследователей во главе с Д.Таунсом из Университета им. Королевы Виктории (Веллингтон)². Главной задачей новозеландских герпетологов в последние десятилетия было и остается сохранение легендарного реликтового пресмыкающегося — гаттерии, или туатары, *Sphenodon punctatus*. Строго говоря, гаттерия, конечно, не ящерица. Она — единственный доживший до наших времен представитель отряда клювоголовых. Но и внешне, и по своей экологии гаттерия очень похожа на ящерицу. К сожалению, уникальное животное неуклонно вымирает, и усилия многих ученых направлены на то, чтобы понять механизмы этого драматического процесса и приостановить его. Один из очевидных факторов, негативно влияющих на гаттерий, —

размножившиеся на новозеландских островах полинезийские крысы *Rattus exulans*, завезенные сюда около двух столетий назад. Крысы успешно конкурируют с реликтовыми рептилиями за пищу, но главное — разоряют их гнезда, поедают яйца и детенышей гаттерий.

Уже несколько лет ведутся работы по дератизации островов, на которых обитают уникальные рептилии. Задача проведенного Таунсом с коллегами исследования — оценить последствия такой дератизации. Ученые сравнивали демографическую структуру популяций и физическое состояние гаттерий на трех островах до и после дератизации, а также на острове, где крысы сохранились. Получена достаточно однозначная картина. Если на острове есть крысы, доля молоди в популяции гаттерии составляет 0–5%, после дератизации она возрастает в 3.3–17 раз! При этом существенно улучшается физическое состояние взрослых рептилий — размеры, упитанность, темпы роста. Исследователи сделали и еще одно любопытное заключение. Ведь если крысы оказывали столь явное негативное воздействие на популяции гаттерий, как же эти виды сосуществовали в течение не менее 200 лет? Объясняется это, в первую очередь, высокой продолжительностью жизни новозеландского эндемика: гаттерии живут до 50 лет, а половой зрелости достигают лишь на 20-м году жизни. Именно поэтому пагубное влияние на них крыс явно начало сказываться лишь спустя многие годы после завоза этих вредителей в Новую Зеландию. В целом же исследование новозеландских герпетологов подтверждает вывод о крайней зависимости островных пресмыкающихся от враждебных видов.

© Семенов Д.В.,

кандидат биологических наук
Москва

¹ Buckley L.B., Jetz W. // Ecology Letters. 2007. V.10. №6. P.481–489.

² Towns DR. et al. // Conservation Biology. 2007. V.21. №4. P.1021–1031.

Возвращение из «белого безмолвия»

В.А.Маркин,
кандидат географических наук
Москва

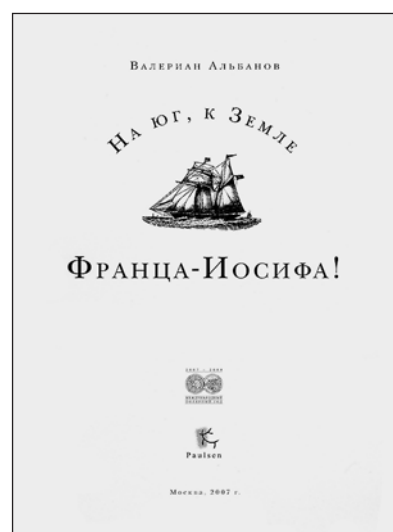
Вполной драматических, а нередко и трагических событий истории путешествий в полярных областях земного шара известно несколько самостоятельных возвращений участников ледовых плаваний и экспедиций из стран «белого безмолвия», как называли еще столетие назад Арктику. И не только потому, что эти края были безлюдными, ненаселенными, но и потому, что тогда отсутствовала какая-либо связь с ушедшими в приполярные моря. Те, кто отправлялся в Северный Ледовитый океан и на его побережья, обрекали себя на многие месяцы, а часто и годы безвестия. В мире о них ничего не знали до их возвращения. Они в буквальном смысле, говоря словами Бориса Пастернака, «окунались в неизвестность». А там, в этой неизвестности, могло происходить все что угодно. Самой большой трагедией была гибель в 40-х годах XIX столетия большой экспедиции английского мореплавателя Джона Франклина среди островов Канадского Арктического архипелага: 139 человек на кораблях «Эребус» и «Террор». Люди пытались вырваться из «арктического плена», но погибли от холода, голода и цинги. Все 19 спасательных экспедиций оказались безрезультатными, и лишь много лет спустя раскрылась тайна гибели экспедиции Франклина.

Немало и других трагических случаев связано с эпохой первых исследований Арктики. Об од-

ном из них рассказывает вышедшая в свет в издательстве «Европейские издания» при финансовой поддержке Фредерика Паульсена книга Валерьяна Альбанова «На юг, к Земле Франца-Иосифа!». Впервые дневник штурмана шхуны «Св. Анна» В.И.Альбанова (а именно он составляет главное содержание книги) был отпечатан в типографии Главного адмиралтейства как приложение к 41-му тому «Записок по гидрографии» ровно 90 лет назад — в 1917 г. Теперь книга издана в связи с проводящимся в 2007—2008 гг. Международным полярным годом, о чем говорит в своем кратком к ней вступлении заместитель председателя Государственной Думы РФ, специальный представитель Президента Российской Федерации по вопросам Международного полярного года Герой Советского Союза А.Н.Чилингаров. И заключает он свое вступление так: «Это один из самых пронзительных эпизодов в истории Арктики».

Действительно, история похода штурмана экспедиции В.И.Альбанова с затертого льдами корабля «Св.Анна» к 40 лет назад открытому архипелагу Земля Франца-Иосифа и невероятная встреча с возвращающейся на Большую Землю экспедицией Георгия Седова на судне «Св.великомученик Фока» (без погибшего на пути к Северному полюсу ее начальника) заслуживают такой оценки.

В 1912 г. из России во льды Северного Ледовитого океана отправились четыре экспедиции. С востока на запад шли суда Гидрографической экспеди-



В.И.Альбанов. НА ЮГ, К ЗЕМЛЕ ФРАНЦА-ИОСИФА!

М.: Европейские издания, 2007. 243 с.

ции Северного Ледовитого океана под руководством Б.А.Вилькицкого «Таймыр» и «Вайгач» (в 1913-м этой экспедицией будет открыта Северная Земля). Из Архангельска вышел «Св.великомученик Фока» с экспедицией Г.Я.Седова, целью которой была установка российского флага на Северном полюсе. Со Шпицбергена отправился на восток В.А.Русанов на парусномоторном боте «Геркулес» (капитан А.С.Кучин) с намерением пройти к Берингову проливу Северным морским путем. Наконец, порт Александровск на Мурманском побережье Колыского полуострова покинула, взяв курс на север, паруснопаровая шхуна «Св.Анна» с организованной на частные средства экспедицией лейтенанта Г.Л.Брусилова. Цель была та же, что и у В.А.Русанова — преодоление пути на восток через Северный Ледовитый океан.

Из трех судов, ушедших во льды в 1912 г. с запада на восток, вернулся только «Св.Фока», но без Седова. Две полярные экспедиции бесследно исчезли. И лишь штурман со «Св.Анны» Валерьян Альбанов не только выжил, но вынес из неизвестности, поглотившей шхуну и ее экипаж, документальное свидетельство ледового дрейфа — вахтенный журнал, подписанный лейтенантом Брусиловым. 23 апреля 1914 г. в нем записано: «Около 8 ч отошли уходящие с судна, сопровождаемые всеми остальными».

Полтора года назад, у западного побережья п-ова Ямал «Св. Анна» вмерзла в лед. Дрейф уносил судно на север, и никакой надежды на скорое освобождение не было. В то же время, если судно вынесет в открытое море, для управления им достаточно было бы девяти человек. Уход половины экипажа обеспечивал экономию провизии и топлива. Продолжение дрейфа в полном составе неизбежно привело бы к голоду. С этими доводами штурмана, хотя и не сразу, согласился Брусилов.

11 человек во главе с Альбановым покинули шхуну, потому что невозможно было предсказать, сколько времени еще продлится дрейф, и запасов продовольствия и топлива на всех может не хватить. Ушли 11, остались 13, включая Брусилова и его жену Ерминию Жданко, выполнявшую обязанности судового врача.

Группа Альбанова, впрягшись в нарты с погруженными на них каяками, направилась к ближайшей суше — Земле Франца-Иосифа. Она находилась на расстоянии 65 миль. Не так уж далеко, если идти напрямую. Но дорога не была гладкой, а лед относилось течением на север.

Маршрут был разведан 17 лет назад Фритьофом Нансеном. Со своим спутником Ялмаром Юхансеном великий полярный исследователь точно вышел к островам архипелага после неудавшегося похода к Северному полюсу. Двое норвежцев провели полярную ночь на одном из островов, а затем продолжили свой путь на юг, совершенно не рассчитывая встретить кого-либо на безлюдной земле. Но произошла невероятная встреча с английской экспедицией Фредерика Джексона, вместе с которой пришло спасение.

История спасения Альбанова повторяет нансеновскую: переход через торосы и ледяные поля, пересечение покрытых ледниками островов Земли Франца-Иосифа и, наконец, чудо невероятной встречи с людьми на том же самом мысе Флора, на южной оконечности архипелага, где в 1896 г. соединили руки в рукопожатии Нансен и Джексон.

В 11 главах книги последовательно описан весь ледовый путь, пролегший между жизнью и смертью. Движение затрудняли высокие торосы, цепочки которых вытягивались порой наподобие горных хребтов. В рыхлом снегу утопали полозья нарт, и их с большим трудом нужно было вытаскивать. Широкие полыньи с мелкобитым льдом по

краям приходилось обходить в поисках возможности переправы через них. Особенно трудно было выбираться из сети полыней и узких каналов, тогда за день проходили не более трех верст. С первых же дней у всех стали мучительно болеть глаза, пораженные снежной слепотой. Утомляла непредсказуемая изменчивость пересекаемого пространства: «Лед переставляется ежеминутно, прямо на глазах. Одна полынья закрывается, другая открывается, льдины меняются своими местами, как будто какие-то великаны на большой доске играют в шахматы», — записывает в дневнике Альбанов. На полыньях, правда, удавалось охотиться на тюленей и даже белых медведей, что было спасительным в их положении. Появление зверей в ослепительно белом пространстве воспринималось как праздник.

И только контуры земли не возникали на горизонте, в который напряженно всматривались, принимая за землю то гряду торосов, то цепочку облаков. И вот 9 июня, оглядываясь с высокого ропака, Альбанов увидел «резкую серебристо-матовую полоску, немного выпуклую вверх, идущую от самого горизонта и влево постепенно теряющуюся». Это было похоже на «аккуратный нежно-белый мазок тонкой кистью на голубом поле».

Только через две недели после появления этого призрачного видения они дошли до острова, но подняться на него удалось не сразу: высокий отвесный обрыв ледникового щита протягивался на большое расстояние. Наконец они вскарабкались на ледник по забитой снегом трещине, вырубая ступени топором. «Он представлял из себя такую же мертвую пустыню, как и луна, на которую он так похож», — замечает Альбанов. Подобные же впечатления от облика покрытых льдом островов были у Нансена и даже у П.А.Кропоткина, никогда этой земли не видевшего, но предположившего возможность откры-



Суперобложка первого издания В.И.Альбанова. 1917 г.

тия островов в своем проекте большой полярной экспедиции, которая не состоялась, потому что на нее не были выделены средства. Впоследствии та часть архипелага, через которую прошла группа Альбанова, будет названа о-вами Кропоткина, а ледник, ими пересеченный, — куполом Кропоткина.

Счастливым случаем — найденная коробка с запиской, оставленной 20 лет назад Ф.Джексоном, из которой ясно, что скитальцы вышли на самый западный в архипелаге мыс Мэри

Гармсуорт на о.Земля Александры. Отсюда до мыса Флора на о.Нортбрук, где могли сохраниться постройки Джексона и запасы продовольствия, не более ста верст. Поплыли на двух каяках, а пятеро пошли берегом, останавливаясь на ночлег в бухтах Вайпрехта, Кембридж, на мысе Ниль. Вот и мыс Гранта, с которого уже виден Нортбрук. Но нужно пересечь пролив. Во время шторма один из каяков исчез бесследно. А потом на берегу похоронили еще двух умерших матросов.

Семьдесят дней ежедневной, ежеминутной борьбы за жизнь выдержали только двое из одиннадцати покинувших безнадежно застрявшую во льдах «Св.Анну». Один за другим выбывали участники смертельной гонки.

Только двое — Валерьян Альбанов и матрос Александр Конрад вышли к мысу Флора 9 июля. Они ожидали найти там развалины поселка большой экспедиции Джексона, но жилой дом оказался в прекрасном состоянии, как и другие постройки. В доме можно было бы провести полярную ночь. Альбанов и Конрад нашли чугунную печку, ящики с галетами и сухарями, запаянные банки с мясом, рыбой, сушеный картофель, мешки с кофе и чаем и много, много другого.

На мысе Флора образовался настоящий музей под открытым небом. Ни одна из экспедиций из разных стран мира, посещавших архипелаг после его случайного открытия в 1873 г. австро-венгерской экспедицией Ю.Пайера и К.Вайпрехта на судне «Тегетгоф», не миновала о.Нортбрук. Самый южный выступ Земли Франца-Иосифа в простор Баренцева моря шотландский яхтсмен Бенджамен Ли Смит, плававший в проливах архипелага в 1880 г. на яхте «Эйра», назвал именем Флоры, богини весны и цветов. На берегу небольшого острова Белл остался домик, собранный Ли Смитом из дощатых щитов. Рядом лежал перевернутый вверх килем бот, которым можно было бы воспользоваться для возвращения в мир цивилизации, доплыв на нем хотя бы до Шпицбергена, где уже существовали постоянные поселения. Еще одна находка — обелиск из серого гранита в память о погибших на пути к Северному полюсу трех итальянцев из экспедиции герцога Абрुццкого на яхте «Стелла Поляре». А в доме Джексона находилось много предметов, принадлежавших участникам американской полярной экспедиции Антони Фила, снаряженной на средства миллионера Циглера. В этом до-

ме решили провести зиму и Альбанов с Конрадом.

Но произошло непредвиденное. Однажды Альбанов увидел вдаль, над льдинами у берега две мачты и верхушку трубы, выступающую из тумана, сквозь который чернел корпус судна. Не поверивший сначала своим глазам, он вскоре узнал корабль седовской экспедиции, который видел два года назад, когда «Фока» стоял в порту Архангельска. Когда туман рассеялся, Альбанов сел в каяк и поплыл к судну, где очень обрадовались, не ожидая встретить человека в этом безлюдном краю.

«Св.Фока» возвращался после зимовки в бухте Тихой на о.Гукера, откуда ушел к Северному полюсу Г.Седов, дойдя лишь до самого северного в архипелаге о.Рудольфа, где был похоронен двумя его спутниками. На возвращающемся «Фоке» совсем не осталось угля, и в топку отправлены все деревянные части корабля, без которых можно обойтись. На топливо шли даже туши убитых моржей. Разобрали для сжигания в топках «Фоки» и постройки на мысе Флора. Остался только домик, который стали называть теперь «рубкой штурмана Альбанова».

Путь от Земли Франца-Иосифа к обитаемой суше был очень трудным из-за нехватки дров, хотя все, что может гореть, было сожжено — на судне не осталось ни кают, ни кокс — спали на полу палубы. Если позволял ветер, шли под парусами. Часто приходилось останавливаться среди льдов, грозивших раздавить хрупкое суденышко, уже сильно поврежденное, так что воду приходилось постоянно откачивать вручную повахтенно всему экипажу, оставив только одного человека на руле. Однажды льды так надолго задержали судно, что решили бросить его и пойти пешком к Новой Земле. Но на счастье подул ветер, льды пришли в движение и открылся широкий морской простор, который стал пересекать «Фока», взяв курс прямо на юг, на мыс Св. Нос

на Мурманском побережье. Слабый ветер едва надувал паруса, и скорость не превышала двух миль в час. На подходе к становищу Рында встретили лодку с рыбаками, от которых узнали, что в Европе началась мировая война с участием России.

9 августа Альбанов, Конрад и научная группа экспедиции Седова — Визе, Павлов и Пинегин — прибыли на пароходе «Николай II» в Архангельск. Они узнали, что поиск исчезнувших экспедиций Брусилова и Русанова не дал никаких результатов. Выписка из вахтенного журнала «Св. Анны» и таблицы измеренных во время дрейфа глубин, сохраненные Альбановым, — единственное, что осталось от этой экспедиции.

О дальнейшей судьбе Альбанова и Конрада читатель узнает в заключении, названном «Полярный штурман Альбанов», которое написал директор РосНИИ природного и культурного наследия им.Д.С.Лихачева П.В.Боярский.

По возвращении из Арктики Валерьян Иванович Альбанов продолжал работать по своей профессии, которой он овладел, окончив Санкт-Петербургское училище дальнего плавания в 1904 г. До знакомства с Брусиловым Альбанов прошел военную службу в Балтийском флоте, потом два года плавал по Енисею от Красноярска до Енисейского залива, где занимался также установкой вех по форватеру и лоцманской проводкой судов. В течение года он служил штурманом на пароходах, совершавших рейсы по Каспийскому морю из Баку в Астрахань и Красноводск. В качестве старшего штурмана он ходил на паровой яхте из Петербурга в прибалтийские порты. Два года плавал штурманом из Архангельска в порты Англии и почти год — старшим помощником капитана — из Архангельска к промысловым становищам Баренцева моря.

Это был опытный мореплаватель. Поэтому он смог совершить свой поистине героичес-

кий переход по льдам, по сути повторив подвиг Нансена.

И так же, как и книга Ф.Нансена «Фрам в Полярном море», его дневник, охарактеризованный П.В.Боярским как «уникальное свидетельство человеческого упорства, терпения и мужества», стал для нескольких поколений полярников в нашей стране и за рубежом своего рода настольной книгой.

После своего возвращения с Земли Франца-Иосифа Альбанов плавал на ледоколах, базировавшихся в Архангельске, пытался организовать поиски исчезнувшей во льдах «Св.Анны», обращаясь со своим предложением о спасательной экспедиции к адмиралу А.В.Колчаку, в то время Верховному правителю России, создавшему в 1919 г. Комитет Северного морского пути.

Известный советский полярный исследователь, участник экспедиции Г.Я.Седова, член-корреспондент РАН В.Ю.Визе признавал заслуги Альбанова перед наукой. «Спасенный Альбановым судовой журнал, — писал он, — доставил нам ценные сведения о крайней северо-западной части Карского моря, в которой до этого не плавало ни одно судно... Измерения глубины осветили рельеф дна в этой части Карского моря, анализ самого дрейфа судна позволил вывести интересные заключения о течениях». В 1924 г. В.Ю.Визе пришел к выводу о существовании в этом районе участка суши. И через 6 лет на карте Карского моря появился остров Визе.

А одно очень важное открытие было сделано самим Альбановым. Во время его перехода по льдам вдоль западных берегов Земли Франца-Иосифа он обратил внимание на то, что ледяные поля выносят на юг мощное течение, заполняющее все пространство между двумя полярными архипелагами — Землей Франца-Иосифа и Шпицбергенном. Тогда оно еще не было известно. Его можно было бы назвать течением Альбанова, по имени первооткрывателя. ■

Энтомология

А.Л.Львовский, Д.В.Моргун.
БУЛАВОУСЫЕ ЧЕШУЕКРЫЛЫЕ
ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ.
М.: Т-во науч. изд. КМК,
2007. 443 с.

Безусловно, определять встретившуюся бабочку проще всего по цветным иллюстрациям в атласе, однако старые атласы трудно достать, а новые, хотя и очень хороши, но довольно дороги. Кроме того, существует довольно много внешне очень схожих видов, различить которые можно лишь по мелким конкретным признакам, часто незаметным на цветных изображениях. Дело осложняется еще и тем, что окраска и рисунок крыльев у многих дневных бабочек подвержены сильной изменчивости, что очень затрудняет точную идентификацию близких видов.

Настоящее издание содержит ключи для определения 303 видов булавоусых чешуекрылых (дневных бабочек), распространенных на территории Восточной Европы (европейской части России, включая Урал и Северный Кавказ, Украины, Беларуси, Прибалтийских государств).

Чтобы не перегружать определительные таблицы с тезаурами и антитезами, подробные видовые очерки с характеристикой семейств, родов и видов, а также указанием синонимов, типовой местности, распространения, биологии, этимологии названий и замечаниями по систематике, даны отдельно. Тем не менее, в определительных таблицах были оставлены размеры бабочек, которые, хотя часто и перекрываются у разных видов, все же также являются признаком.

Биология

И.Н.Тоскина, И.Н.Проворова.
НАСЕКОМЫЕ В МУЗЕЯХ. (БИОЛОГИЯ.
ПРОФИЛАКТИКА ЗАРАЖЕНИЯ.
МЕРЫ БОРЬБЫ.). М.: Т-во
науч. изд. КМК, 2007. 220 с.

Борьба с насекомыми в музеях, архивах, библиотеках или церковных помещениях может быть успешной только в том случае, если четко представлять себе, с каким именно вредителем приходится иметь дело, знать биологию этого вида и особенности его образа жизни.

Насекомые в музеях повреждают изделия из самых разнообразных материалов, кроме металла, стекла и керамики. Всего к настоящему времени в музеях нашей страны найдено около 50 видов насекомых (опасных для музейных экспонатов), ущерб от которых порой невосполним. Их можно разделить на 3 основные группы в зависимости от повреждаемых материалов: вредители древесины, кератин-, коллагенсодержащих материалов (шерсть, мех, волос, щетина, кожа, перо, рога) и вредители крахмалсодержащих материалов, бумаги.

В книге обобщен полувековой опыт ведущих российских специалистов-энтомологов в области защиты музейных ценностей от вредных видов насекомых. Приведены подробные данные по биологии этих видов, указаны профилактические меры для защиты музейных коллекций от повреждения насекомыми и современные способы борьбы с ними в музеях.

Издание предназначено для хранителей музеев, специалистов в области консервации и реставрации научных фондов и ученых, занимающихся музейной энтомологией.

Организация науки

СБОРНИК НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫХ
СТАТЕЙ — ПОБЕДИТЕЛЕЙ КОНКУРСА
РФФИ 2006 ГОДА. Вып.10.
Под ред. В.И.Коновы. М.: Октопус;
«Природа», 2007. 496 с.

С выходом этого сборника можно отметить скромный юбилей: 10 лет назад вышел в свет первый сборник научно-популярных статей. Авторы книги — победители конкурса научно-популярных статей 2006 г., организованного Российским фондом фундаментальных исследований. По наукам представлены следующие разделы: математика и механика, физика и астрономия, химия, биология и медицина, науки о Земле, науки о человеке и обществе, информационные технологии и вычислительные системы, фундаментальные основы инженерных наук. Ученые, выполняющие проекты РФФИ, рассказывают о своих работах.

Строгость отбора лауреатов сохраняется из года в год, и содержательность статей-победителей достойна уровня российской науки. Кроме того, более трети статей были опубликованы в «Природе» до конкурса. Редакцией журнала в сотрудничестве с разными издательствами готовились к печати и все предыдущие сборники.

Статьи охватывают широкий круг направлений, но все они вносят вклад в фундаментальную науку. С этого выпуска сборник будет называться одинаково, отличаясь лишь нумерацией. Еще одно новшество — появление раздела «Фундаментальные основы инженерных наук», соответствующего новому, восьмому отделу РФФИ.

Первая дама естественной истории

О.А.Валькова,

кандидат исторических наук

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

Москва

Сергей Юльевич Витте, вспоминая о своей бабушке, сидя на коленях которой он научился читать и писать, заметил: «Елена Павловна была совершенно из ряда выходящая женщина по тому времени в смысле своего образования; она очень любила природу и весьма усердно занималась ботаникой. Будучи на Кавказе, она составила громадную коллекцию кавказской флоры с описанием всех растений и научным их определением. Вся эта коллекция и весь труд Елены Павловны были подарены наследниками ее в Новороссийский университет» [1]. Высказывание Витте кажется необычным, ведь листовые исторические сочинения, посвященные российским женщинам, жившим в первой половине XIX в., мы можем встретить биографии особ королевской крови, великосветских красавиц, блестящих хозяек салонов, дерзких возлюбленных или добродетельных благотворительниц, наконец, матерей семейств. Мы можем найти биографию любительницы искусств и литературы, но почти никогда — естествоиспытательницы. Неудивительно, что постепенно в отечественной историографии сложилось твердое убеждение в том, что в России женщин, интересовавшихся естественными и точными науками, просто не существовало вплоть до 60-х годов XIX в. Однако биография Елены Павловны Фадеевой

(1788—1860) служит ярким опровержением подобного заблуждения, хотя, к нашему великому сожалению, до нас дошли всего лишь осколки и обрывки сведений о жизни этой, по-видимому, выдающейся женщины; осколки, из которых почти невозможно составить целостную картину.

Мемуарные источники свидетельствуют о том, что в первой половине XIX в. увлечение естественными науками встречалось среди представителей мужской части российской аристократии, хотя и не было широко распространено. Хорошо известные литературные произведения того времени (как, например, «Горе от ума») говорят о том, что общество относилось к этому без особого энтузиазма и даже с некоторым неодобрением. Женщины же, осмелившиеся выставить на показ заинтересованность данным предметом, подвергались осмеянию и порицанию. Далеко не каждая дама могла позволить себе афишировать интерес к естественной истории, поскольку он выходил далеко за рамки предписанных для нее жестких правил поведения. К числу этих немногих принадлежала и Е.П.Фадеева.

Можно сказать, что за свою долгую жизнь Елена Павловна сыграла несколько ролей, каждая из которых раскрывала ее характер с новой, иногда неожиданной даже для близких друзей и знакомых стороны. Так, со времени своего замужества, большую часть жизни, она была супругой крупного чинов-

ника, «первой дамой» тех мест, где им приходилось жить, что подразумевало некоторые обязанности, например, занятие благотворительностью. Она, конечно, являлась матерью и воспитательницей своих детей, а впоследствии и внуков, хозяйкой дома, управляющей семейными имениями, когда семья владела ими, поскольку супруг был занят службой. Все это роли обычные и привычные для женщины ее круга. Однако одновременно она была ученой: великолепно образованной, обладавшей обширными познаниями, страстной любительницей естественных наук, прежде всего ботаники. И в этом качестве ее знали и уважали представители научного мира, в то время как остальной мир даже не подозревал о ее необычных увлечениях. Позднее одна из ее внучек, В.П.Желиховская, ставшая известной писательницей, как-то заметила об этой «двойной» жизни своей бабушки: «Е.П.Фадеева при всех своих глубоких знаниях и ученых занятиях была так неприязнительна в обращении, так искренна и обходительна со всеми, что многие простые смертные, знавшие ее по годам за ласковую, веселую собеседницу, — иные за прекрасную хозяйку, другие — за хорошую рукодельницу, — все за добрую помощницу, всегда готовую услужить и советом, и делом, часто и не подозревали ее глубоких знаний и ученой деятельности. И наоборот: не раз люди науки, хорошо знакомые с ее кабинетом и разнообразными коллек-



Андрей Михайлович Фадеев.

циями, открывали в изумлении рты, когда нянька вызывала ее покормить ребенка или являлась ключница за наставлениями... Потому-то и сказала я, что мало кто знал ее вполне» [2]. Было ли подобное поведение вызвано истинной скромностью или нежеланием бросить тень на доброе имя мужа, но Фадеева действительно никогда не афишировала своих научных занятий перед непосвященными. Охотно принимая в своем доме профессиональных ученых и путешественников, поддерживая многолетнюю переписку со многими из них, пользуясь репутацией серьезного исследователя, она никогда не публиковала никаких научных работ, никогда не выступала публично, действительно стараясь не привлекать внимания к своим научным занятиям, отнимавшим большую часть ее времени и сил. Возможно, история не сохранила бы никаких следов этой ее деятельности, но усилия ее детей и, даже в большей степени, воспитанных ею внуков воспретывали этому.

Княжна Елена Павловна Долгорукая родилась 11 ноября 1788 г. в одной из самых известных российских семей. Ее отцом был князь Павел Васильевич Долгорукий (1755—1837), екате-

рининский генерал, вышедший в отставку в начале царствования Павла I, в 1796 г., в чине генерал-майора; матерью — княгиня Генриетта Адольфовна Долгорукая, урожденная де Бандре. Так получилось, что с самого своего рождения Елена Павловна жила и воспитывалась в доме родителей своей матери, бабушки и бабушки де Бандре, находившемся в городке Ржищеве, неподалеку от Киева. И именно там в 1812 г. она познакомилась с Андреем Михайловичем Фадеевым (1789—1867), одним из младших сыновей дворянского рода Фадеевых, мужчины которого традиционному служили в российской армии еще со времен Петра I, хотя и не выслужили особых чинов и наград, и в 1813 г. вышла за него замуж. Брак этот был воспринят окружающими как мезальянс. Однако дети и внуки Фадеевых яростно протестовали против подобной трактовки событий, заявляя, что единственной причиной брака была взаимная любовь [3]. Прекрасные связи молодой жены, точнее ее родственников, позволили А.М.Фадееву начать гражданскую карьеру (традиционная для его семьи военная служба Фадеева не прельщала), которая, как показало будущее, сложилась вполне удачно [4].

Известно, что ко времени знакомства с женихом научные интересы княжны Долгорукой уже были вполне сформированы. По сведениям автора некролога Е.П.Фадеевой, опубликованного в газете «Кавказ» 15 сентября 1860 г., большое влияние на юную княжну оказала некая соседка, помещица графиня Дзялынская, близкая знакомая бабушки Елены Павловны: «Елена Павловна с самого начала любила естественные науки и из них в особенности ботанику. Независимо от врожденной охоты к положительному знанию, эту страсть возбудила в ней соседка по имени ее бабушки, графиня Дзялынская. С тех пор ботаника сделалась любимой наукою всей ее жизни...», — пи-

шет автор некролога, по-видимому, близко знавший не только Е.П.Фадееву, но и всю семью, но так и оставшийся неизвестным [5]. Более определенно говорит об истоках увлечения Фадеевой и ее глубоких, поражающих окружающих познаний, ее внучка, уже упоминавшаяся нами Желиховская, выросшая в доме Елены Павловны: «С самых молодых лет она любила серьезные положительные знания и неустанно училась», — пишет она в одном из очерков. Чуть более подробно она же рассказывает об этом в автобиографической повести «Мое отрочество», посвящая в ней Елене Павловне Фадеевой отдельную главу «Наша бабушка и ее кабинет»: «...я мало знаю наук, которых бы она (Е.П.Фадеева. — О.В.) не изучила основательно. История, география, ботаника, археология, нумизматика — во всем она была специалист! Все эти знания она приобрела не с помощью дорогих учителей, а лишь благодаря собственному неустанному труду, любознательности и настойчивому рвению к познаниям. Хотя она принадлежала к одному из первых княжеских домов России, но отец ее, князь Павел Васильевич Долгорукий, был человек небогатый; бабушка детство и юность свою провела почти безвыездно в деревне и всеми необычными своими знаниями исключительно обязана себе одной» [6. С.60].

В своих воспоминаниях супруг Елены Павловны А.М.Фадеев упоминает, что она получила «наилучшее воспитание, в соединении с серьезным, многосторонним образованием» [7]. Известно, что Фадеева не только великолепно играла на фортепьяно, но и сама обучала музыке дочерей и внуков; прекрасно рисовала, что очень пригодилось ей для занятий ботаникой; говорила на немецком, итальянском, французском, польском и, можно предположить, английском языках, поскольку неоднократно встречалась с английскими учеными и путешествен-

никами и вела с ними многолетнюю переписку, знала латынь.

Первый год своей совместной жизни (1813) Фадеевы прожили в Ржищеве, в доме бабушки Елены Павловны, затем Фадеев получил место в Нижегородском Губернском правлении. В Нижнем Новгороде, однако, супругам не очень понравилось, и вскоре Фадеев выхлопотал должность в Новороссийской конторе иностранных поселенцев, располагавшейся в Екатеринославе*. В 1817 г. Фадеева назначили ее управляющим, и Екатеринослав стал местом жительства семьи Фадеевых на следующие пятнадцать лет. Впоследствии Фадеевым несколько раз приходилось бросать насиженное место и переезжать вслед за новой должностью главы семьи: Нижний Новгород, Екатеринослав, Астрахань, Одесса, Саратов, Тифлис — все эти города становились поочередно местами их жительства. И каждый раз большая часть хлопот по переезду огромного семейства (только количество дворовых людей Фадеевых доходило до пятидесяти человек), не говоря уже о детях и даже внуках, ложилась на плечи Е.П.Фадеевой. Например, в 1834 г. в связи с реформированием Новороссийской Конторы иностранных поселенцев и с назначением А.М.Фадеева в новый «попечительский комитет» по делам переселенцев, Фадеевым пришлось бросить хорошо налаженную жизнь в Екатеринославе, в котором они провели около 16 лет, и переехать в Одессу. Вот как описывает Фадеев это событие: «Множество забот и хлопот, неизбежных при переезде целым домом с одного места на другое и при новом обзаведении полного хозяйства, не миновало и нас; и после прежних долговременных домашних порядков, трудно было вступить в непривычную колею. <...> Однако... Елена Павловна принялась с неутомимой деятельностью и разумным знанием дела за устройство

* Екатеринослав — название современного Краснодара.

нашей деревеньки. В самый короткий срок она сделала все, что было возможно, и при очень ограниченных затратах достигла удивительно успешных результатов. Она развела прекрасный сад, большие огороды, насадила виноградники, рощу, построила мельницу, все необходимые постройки и службы и в течение нескольких месяцев превратила дикую запущенную деревушку в образцовое хозяйственное учреждение и приятное летнее местопребывание» [8].

Сам Фадеев часто находился в разъездах по делам службы, Елена Павловна же оставалась дома, обустроивала хозяйство, вела его, рожала и выхаживала детей (она родила как минимум пятерых, из которых четверо дожили до совершеннолетия, и каждого кормила сама в течение двух лет). Все это несомненно занимало большую часть ее времени. По воспоминаниям родных, она вставала в 6 часов утра и не ложилась до 12 ночи; «никогда, никому из домашних не приводилось видеть ее праздной», — писала Желиховская.

Тем не менее с юности и до последних дней жизни Фадеева находила время для научных исследований. Она собрала значительный гербарий кавказской флоры, так же как и растительности других регионов, в которых ей приходилось жить длительное время; сама, при помощи имевшейся у нее научной ботанической литературы, давала строго научные определения собранным растениям; делала их реалистичные рисунки, составившие в итоге 50 объемных томов. Любопытно, что юная внучка Елены Павловны, которую та не раз просила помочь в собирании растений, очень рано поняла разницу между занятиями бабушки и, например, любовью к цветам ее гувернантки: «...наша бабушка и старая гувернантка обе очень любили цветы. Обе ими бывали постоянно окружены. М-ме Ресқоеур с раннего утра начинала перебирать свои букеты... Но бабуш-

ка их любила совсем иначе! Она не для того их собирала, чтоб только любоваться ими и наслаждаться их запахом: она их срисовывала, высушивала, определяла и составляла из них коллекции... Нельзя было не дивиться ее познаниям и искусству...» [б. С.91—92].

На протяжении многих лет Фадеева вела переписку с отечественными и зарубежными учеными. Среди ее корреспондентов, например, были: президент Лондонского географического общества Родерик Мурчисон**, геолог, палеонтолог и путешественник Филипп-Эдуард Вернель***, путешественник Игнас Гомер-де-Гель****, назвавший в ее честь одну из ископаемых раковин (*Venus Fadiefei*), геолог Г.В.Абих*****, натуралист Г.С.Карелин*****, академики Х.Х.Стевен*****, К.М.Бэр***** и др. «Она постоянно переписывалась с Стевенем, сообщая ему порою редкие виды кавказских растений, — пишет автор некролога. — Еще незадолго до своей кончины, Елена Павловна получила письмо от этого маститого ботаника и энтомолога, который благода-

** Мурчисон Родерик Импи (1792—1871) — английский геолог, специалист по палеозою, иностранный почетный член Петербургской Академии наук.

*** Верней (Вернель) Филипп-Эдуард Пулетье де (1805—1873) — французский геолог, палеонтолог и путешественник. Член-корреспондент Петербургской Академии наук.

**** Гоммер-де-Гель Игнас (1812—1848) — французский путешественник и естествоиспытатель, в 1835 г. проводил геологические изыскания на юге России.

***** Абих Герман Вильгельмович (1806—1886) — немецкий геолог. Ординарный академик Петербургской Академии наук.

***** Карелин Григорий Сильч (1801—1872) — путешественник и натуралист, руководил исследованиями Каспийского моря.

***** Стевен Христиан Христианович (1781—1863) — естествоиспытатель-ботаник, садовод, энтомолог. Член-корреспондент Петербургской Академии наук с 22 февраля 1815 г., почетный член с 6 октября 1849 г.

***** Бэр Карл Максимович (1792—1876) — естествоиспытатель, академик Петербургской Академии наук.

рит ее «за драгоценный подарок — три огромные ящика с растениями» и выражает удивление, что «дама занимается ботаникой в таком объеме. Обычно, и то немногие, — продолжает он, — довольствуются небольшим числом красивых цветов». Она деятельно обменивалась дублетами из своих коллекций с коллегами и оказывала им посильную помощь в их исследованиях. «Роббер де Гель в своих сочинениях (*les steppes de la mer Caspienne, la Crimée et la Russie méridionale, le Caucase* и пр.) многократно упоминает о ней, как о замечательно ученой особе, во многом руководившей им в его изысканиях, — пишет Желиховская. — Lady Stanhope*, известная английская путешественница (изъездившая весь мир в мужском костюме), в одном из сочинений своих о России говорит о ней, что встретила в этой варварской стране с такой удивительно ученой женщиной, которая прославилась бы в Европе, если б не имела несчастья прожить на берегах Волги, где мало кто может понять ее и никто не в состоянии ее оценить...».

В своих воспоминаниях А.М.Фадеев рассказывает историю знакомства Елены Павловны с академиком Бэр, в 1856 г. приехавшим в Тифлис для изучения возможности искусственного разведения рыб в горных реках края. «Он тотчас же по прибытии явился с визитом к моей жене, давно зная о ней по слухам и сочинениям некоторых из ученых, наших знакомых, русских и иностранных, — пишет Фадеев. — Елена Павловна с удовольствием приняла его, и он часто у нас бывал. Бэр чрезвычайно интересовался огромной коллекцией ее рисунков цветов с натуры, флоры Кавказской, Саратовской и всех тех мест, где ей приходилось жить. Хотя рисунки не заключали в себе какого-либо художественного исполнения, артисти-

ческого изящества в очертаниях растений, но академик именно пленялся их живой натуральностью, безыскусственной верностью изображений, отсутствием придаточных прикрас. В последнее свое посещение перед отъездом, он обратился к жене моей с убедительной просьбой, на которую у нее не достало духа согласиться. Он просил ее доверить ему на время эти книги (томов 20 большого размера в лист) и позволить взять их с собой в Петербург, чтобы снять с них копии для Императорской академии наук, ругаясь за целостность и невредимость их. Он говорил, что готов *на коленах* молить об исполнении этой просьбы, — и в самом деле хотел стать на колени. Елена Павловна колебалась, но не могла решиться расстаться на неопределенное время с этим трудом всей своей жизни, составлявшим утешение и удовольствие часов ее занятий. Она сказала это Бэру, прибавив, что она вероятно уже долго не проживет, и ей было бы очень тяжело лишиться под конец жизни многолетней своей любимой работы; но что после ее смерти книги достанутся ее детям, которые ботаникой не занимаются, и она предоставит им принести их в дар нашей академии наук, если академия удостоит принять этот более нежели полувекковой труд великой любви к природе и науке. Академик Бэр, со вздохом и, по-видимому, очень опечаленный, должен был покориться этому решению**.

** «Все эти книги с собранием рисунков цветов и растений работы Е.П.Фадеевой в целости и свято хранились слишком 30 лет в оставшейся ее семье, очень желавшей исполнить обещание и желание, заявленное ею о передаче их в Академию наук, но не знавшей, как это устроить и к кому обратиться. В 70-х годах Р.А.Фадеев писал об этом академику Бэру, но Бэр в это самое время умер. В 1892 г. книги пожертвованы в Ботанический кабинет Санкт-Петербургского Императорского университета, принявшего этот ценный дар с большой благодарностью». — *Примеч. Н.А.Фадеевой.*

Фадеева составила энтомологическую, орнитологическую, минералогическую и палеонтологическую коллекции, а также большую коллекцию монет и медалей.

Для научных занятий у Елены Павловны был оборудован специальный кабинет, в котором хранились многочисленные коллекции и чучела животных, многие из которых были сделаны ее руками. «Своим любимым занятиям науками она предавалась всегда, запершись в своем кабинете, и здесь подолгу просиживала над книгами, над своими собраниями древностей, монет, насекомых, растений, — над своими рукописями и рисунками», — пишет Желиховская. Кабинет этот производил неизгладимое впечатление на многочисленных внуков Елены Павловны. Желиховская так описывала это удивительное место: «В бабушкином кабинете было на что поглядеть и о чем призадуматься!.. Стены, пол, потолок, все было покрыто диковинками. Днем эти диковинки меня очень занимали, но в сумерки я бы ни за что не вошла одна в бабушкин кабинет! Там было множество страшилищ. Одно фламинго уж чего стоило!.. Фламинго — это белая птица на длинных ногах, с человека ростом. Она стояла в угловом стеклянном шкафу. Вытянув аршинную шею, законченную огромным крючковатым черным клювом, размахнув широко белые крылья, снизу ярко-красные, будто вымазанные кровью, она была такая страшная!.. <...> Я и сама понимала, что чучело не могло ходить, но все же побаивалась.. И не одного фламинго! Было у него много еще страшных товарищей: сов желтоглазых, хохлатых орлов и филинов, смотревших на меня со стен; оскаленных зубов тигров, медведей и разных звериных морд разостланных на полу шкур. Но был у меня между этими набитыми чучелами один самый дорогой приятель: белый, гладкий, атласистый тюлень из Кас-

* Леди Стэнхоуп Естер Люси (1776—1839) — известная английская путешественница, автор обширных мемуаров.

пийского моря. В сумерки, когда бабушка кончала дневные занятия, она любила полчаса посидеть, отдыхая в своем глубоком кресле, у рабочего стола, заваленного бумагами, уставленного множеством растений и букетов. Тогда я знала, что наступило мое время. <...> Заслушивалась я бабушкиных рассказов, открыв рот и развесив уши, до того, что мне порой представлялось, что набитые звери в ее кабинете начинают шевелиться и поводить на меня стеклянными глазами... <...> На одной стене все сидели хищные птицы: орлы, ястребы, соколы, совы, а над ними, под самым потолком распросер крылья огромный орел-ягнятник. <...> Но что за прелестные были в бабушкином кабинете крошечные птички-колибри!.. Одна была величиной с большую пчелу и такая же золотистая. Эта крохотная птица-муха, как ее бабушка называла, больше всех мне нравилась. Она сидела со многими своими блестящими подругами, под стеклянным колпаком, на кусте роз, которые сделаны тоже самой бабушкой. Другие колибри были чудно красивы! Их груди блистали, как драгоценные камни, как изумруды и яхонты, зеленые, малиновые, золотистые! Но моя колибри-малютка была всех милей своей крохотностью» [9]. Но не одни дети были в восторге от кабинета Фадеевой. По воспоминаниям той же Желиховской: «Многие ученые люди... нарочно приезжали издалека, чтоб с нею познакомиться и посмотреть ее кабинет...».

Искренне и глубоко увлеченная наукой, занятая руководством огромным домашним хозяйством, Фадеева тем не менее сумела воспитать нескольких людей, которые впоследствии внесли выдающийся вклад в историю нашей страны, и о которых здесь просто необходимо сказать несколько слов. Ее старшая дочь, Елена Андреевна Фадеева (1814—1842), в 16 лет вышедшая замуж за артиллерийского капитана П.А.фон Гана,



Писательница Елена Ган.



Генерал Ростислав Фадеев.

очень рано завоевала известность в литературном мире, печатая художественные повести под псевдонимом Зинаида Р-ова. Белинский посвятил ей обширную статью, полную горячих похвал. В отечественном литературоведении Зинаида Р-ова признана одной из первых писательниц, отстаивавших достоинство женщины. К сожалению, она умерла в 28 лет, оставив на попечение матери троих детей. В том числе Елену Петровну Ган, ставшую без преувеличения всемирно известной под именем Е.П.Блаватской (1831—1891) и Веру Петровну Желиховскую (1835—1896), чьи очерки и повести для детей пользовались большой популярностью в конце XIX — начале XX в. Сын Е.П.Фадеевой, Ростислав Андреевич Фадеев (1824—1883), участвовал в Кавказской войне, дослужился до чина генерал-майора и стал одним из самых известных российских военных писателей второй половины XIX в., создав немало работ, посвященных «военному вопросу», проблемам российских вооруженных сил и др. Дети средней дочери Елены Павловны, Екатерины Андреевны, в замужестве Витте, также воспитывались в доме бабушки. Среди них был и будущий круп-

ный политический деятель, премьер-министр Сергей Юльевич Витте. Все они, так же как и их не упомянутые здесь братья и сестры, были воспитаны и получили (или по крайней мере начали получать) свое образование в удивительном и волшебном кабинете своей бабушки. По отзывам самых близких людей, «Елена Павловна воспитывала детей своих с самою нежною заботливостью, заменяя им большую часть учителей. Все ее дети, а впоследствии и внуки, учились читать по-русски и по-французски и многому другому, сидя у нее на коленях. И это учение служило как бы фундаментом того солидного образования, которое достигнуто ими потом» [10].

Елена Павловна Фадеева ушла из жизни 12 августа 1860 г., прожив чуть больше 70 лет. В последние годы она была тяжело больна и частично парализована. Но болезнь не помешала ни ее научным занятиям (она даже научилась делать рисунки левой рукой), ни образованию внуков. Фадеева была похоронена в Тифлисе, пред стеной алтаря Вознесенской церкви.

Научно-исследовательская деятельность Фадеевой пришлось на 20—50-е годы XIX в. Прощедшая под знаком любимого

го увлечения, занятия, придуманного для отдохновения от домашних дел, а также скромности и даже скрытности, во всяком случае именно так интерпретировавшихся современниками, она, однако, была вполне серьезна и результативна с научной точки зрения. Часть своих орнитологической, минералогической и палеонтологической коллекций Фадеева еще при

жизни подарила Кавказскому обществу сельского хозяйства. По свидетельству Витте, ботаническая коллекция Фадеевой была подарена ее наследниками Новороссийскому университету. В настоящее время дальнейшая судьба этих коллекций, к сожалению, неизвестна. Так же как неизвестна судьба альбомов с рисунками растений, подаренных, по словам родственников,

Петербургскому университету. Тем не менее Елена Павловна Фадеева-Долгорукая — одна из первых (если не первая) российских женщин, профессионально занимавшихся естественными науками и завоевавшая признание научного сообщества, несомненно заслуживает места на страницах истории отечественной науки, а ее научная биография — дальнейшего изучения. ■

Литература

1. Витте С.Ю. Воспоминания. Т.1 (1849—1894). М., 1960. С.19.
2. Желиховская В.П. // Русская старина. 1887. Март. С.765.
3. Фадеева Н.А. Комментарии // Фадеев А.М. Воспоминания Андрея Михайловича Фадеева. 1790—1867 гг. В 2-х ч. Одесса, 1897. С.24.
4. Фадеев А.М. // Русский архив. 1891. №2—12.
5. Елена Павловна Фадеева. Биографический очерк // Кавказ. 1860. №72. С.426.
6. Желиховская В.П. Мое отрочество. СПб., 1893.
7. Фадеев А.М. // Русский архив. 1891. №2. С.302.
8. Фадеев А.М. Указ. соч. // Русский архив. 1891. №4. С.465.
9. Желиховская В.П. Как я была маленькой. Из воспоминаний раннего детства. СПб., 1887. С.157—163.
10. Фадеев А.М. Мои воспоминания // Русский архив. 1891. №12. С.521—522.

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы
О.О.АСТАХОВА
Л.П.БЕЛЯНОВА
Е.Е.БУШУЕВА
М.Ю.ЗУБРЕВА
Г.В.КОРОТКЕВИЧ
К.Л.СОРОКИНА
Н.В.УЛЬЯНОВА
Н.В.УСПЕНСКАЯ
О.И.ШУТОВА

Литературный редактор
С.В.ЧУДОВ

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
С.В.ЧУДОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
В.А.ЕРМОЛАЕВА
М.В.КУТКИНА

Графика, верстка:
А.В.АЛЕКСАНДРОВА

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

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

Адрес редакции: 119049,
Москва, Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-24-56
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 15.02.2008
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 1037
Набрано и сверстано в редакции

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