

ISSN 0032-874X

7 ПРИРОДА

1979



Ежемесячный
популярный
естественнонаучный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1912 году



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
академик
Н. Г. БАСОВ

Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТЮШКОВ

Доктор биологических наук
А. Г. БАННИКОВ

Академик
Д. К. БЕЛЯЕВ

Академик
А. И. БЕРГ

Академик
Ю. В. БРОМЛЕЙ

Доктор биологических наук
А. Л. БЫЗОВ

Заместитель главного редактора
член-корреспондент АН СССР
В. М. ГАЛИЦКИЙ

Заместитель главного редактора
В. А. ГОНЧАРОВ

Член-корреспондент АН СССР
Б. Н. ДЕЛОНЕ

Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Академик
Б. М. КЕДРОВ

Доктор физико-математических наук
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Академик
Н. К. КОЧЕТКОВ

Член-корреспондент АН СССР
В. Л. КРЕТОВИЧ

Академик
К. К. МАРКОВ

Доктор философских наук
Н. Ф. ОВЧИННИКОВ

Заместитель главного редактора
В. М. ПОЛЫНИН

Заместитель главного редактора
член-корреспондент АН СССР
Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ

Заместитель главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

Член-корреспондент АН СССР
В. Е. ХАИН

Член-корреспондент АН СССР
Р. Б. ХЕСИН

Академик
Н. В. ЦИЦИН

Доктор географических наук
Л. А. ЧУБУКОВ

Академик
В. А. ЭНГЕЛЬГАРТ

Доктор биологических наук
А. В. ЯБЛОКОВ



— символ межправительственной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (The Man and the Biosphere). Этим символом обозначены материалы, которые журнал «Природа» публикует в рамках участия в деятельности этой программы. Подробно о программе см.: «Природа», 1979, № 1, с. 28.

На первой странице обложки. Свечение вольфрамовой мишени под действием пучка ускоренных ионов. Мишень расположена в центральной части нового изохронного циклотрона У-400 (ОИЯИ, Дубна). См. статью Н. Н. Боголюбова «Значение фундаментальных исследований в ядерной физике».

Фото Ю. А. Туманова.

На четвертой странице обложки. Заросли цветущего рододендрона Кочи. См. заметку М. С. Александровой и А. С. Мельника «Карпатский рододендрон».

Фото П. Р. Третьяка.

Редакция рукописей не возвращает.

© Издательство «Наука»,
«Природа», 1979 г.

Июль 1979 года

В НОМЕРЕ

Боголюбов Н. Н. Значение фундаментальных исследований в ядерной физике	2
Ширков Д. В. Развитие общих идей квантовой физики	11
Кобринский Г. Д. Фермент на службе онкологии	20
Георгобиани А. Н., Иванов Л. Н., Тодуа П. А. Эффект Келдыша — Франца и области его применения	28
 Успенский С. М. Гибидеи — ритуальные жертвенники ненцев	36
Соколов Б. А. Нефть и газ Северного моря	40
Мазохин-Поршняков Г. А. Сходные формы поведения насекомых и позвоночных	50

61—62-й РЕЙСЫ «ГЛОМАРА ЧЕЛЛЕНДЖЕРА»

Щека С. А. Бурение древней коры Тихого океана	58
Копорулин В. И. Древние острова Тихого океана	60

КРАСНАЯ
КНИГА

Александрова М. С., Мельник А. С. Карпатский рододендрон	62
--	----

ПЕРВОПРОХОДЕЦ АРКТИКИ

Аджиев М. Э., Бурханов В. Ф. Экспедиции Норденшельда в Арктику	64
Пасецкий В. М. Связи Норденшельда с учеными России	75

Цзерава Г. К. Из истории русско-американских научных связей в XIX в.: Джозеф Генри и Александр Иванович Воейков	79
Адельсон-Вельский Г. М., Арлазаров В. Л., Донской М. В. Принципы создания шахматных программ	86

ЗАМЕТКИ,
НАБЛЮДЕНИЯ

Верещагин Б. В., Плугару С. Г. Прыгающие капсулы (97). Кириллов А. Ф. Черный дятел-желна Вилюйского водохранилища (97). Белик В. П. Общественное гнездо (99).	97
---	----

НОВОСТИ НАУКИ

100

РЕЦЕНЗИИ

Манин Ю. И. Новая встреча с Алисой	118
------------------------------------	-----

НОВЫЕ КНИГИ

63, 120

В КОНЦЕ НОМЕРА

Данилов Ю. А. Льюис Кэрролл и его письма к детям	124
--	-----

Значение фундаментальных исследований в ядерной физике

Н. Н. Боголюбов



Современный научно-технический прогресс требует опережающих темпов развития фундаментальных исследований, направленных на выяснение существующих в природе закономерностей, обнаружение новых явлений.

Редакция «Природы» предлагает вниманию читателей статью Н. Н. Боголюбова, в которой он излагает свои взгляды на необходимость фундаментальных исследований в области ядерной физики и перспективы их приложений к другим областям науки и техники.

Академик Николай Николаевич Боголюбов — один из крупнейших советских математиков и физиков-теоретиков. Перечислить весь круг проблем, которым посвящена научная деятельность Н. Н. Боголюбова, достаточно трудно. Это работы по нелинейной механике и теории динамических систем, квантовой теории поля и статистической физике, вариационному исчислению и математической физике. Н. Н. Бо-

голюбов разработал асимптотические методы решения нелинейных уравнений, описывающих колебательные процессы, и метод цепочек функций распределения для теории неравновесных процессов. Фундаментальные результаты получены Н. Н. Боголюбовым в области теорий сверхтекучести, сверхпроводимости и дисперсионных соотношений; об их влиянии на последующее развитие квантовой теории рассказывается в статье Д. В. Ширкова «Развитие общих идей квантовой физики».

Выдающиеся научные достижения Н. Н. Боголюбова отмечены высоким званием Героя Социалистического Труда, Ленинской [1958] и Государственными [1947 и 1952] премиями, правительственными наградами.

Фундаментальные исследования Н. Н. Боголюбова, приведшие к созданию совершенно новых методов в теоретической физике, и его широкие интересы в этой области оказались чрезвычайно благотворными в деле создания большой научной школы, ныне известной всему миру.

Н. Н. Боголюбов внес огромный вклад в развитие международного научного сотрудничества. В возглавляемом им Объединенном институте ядерных исследований — крупнейшем физическом центре социалистических государств — работают ученые из одиннадцати стран. Н. Н. Боголюбов — почетный член многих зарубежных академий, научных учреждений и обществ; участвует в Пагоушском движении ученых за мир.

В августе 1979 г. академику Н. Н. Боголюбову исполняется 70 лет. Редколлегия и редакция «Природы» поздравляют Николая Николаевича с семидесятилетием и желают ему новых успехов в его многогранной научной и общественной деятельности.

Вот уже в течение трех десятилетий мы являемся свидетелями необычайно быстрого развития ядерной физики. Прогресс в этой области науки, действительно, очень велик. Здесь делаются важнейшие открытия, способствующие все более глубокому познанию природы. Расширяется фронт теоретических и экспериментальных исследований, создаются новые институты и лаборатории, строятся крупные физические установки. Однако следует отметить, что время от времени раздаются голоса тех, кто сомневается в необходимости наращивания темпов развития ядерной физики, так как это стоит теперь больших денег. Попытаемся оценить значение фундаментальных исследований в этой области науки для нашего общества.

Понятие современной ядерной физики включает физику элементарных частиц и физику атомного ядра. При этом, если возникает необходимость в классификации научных исследований, и в частности разделении их на фундаментальные и прикладные, то современная ядерная физика несомненно должна быть отнесена к фундаментальным наукам. При этом мы должны отдавать себе отчет в том, что целью фундаментальных исследований является открытие и изучение основных закономерностей окружающего нас мира, и до тех пор, пока та или иная, закономерность не изучена достаточно хорошо, она не может быть целенаправленно использована для практических нужд. В связи с этим мне кажется целесообразным сначала кратко остановиться на значении ядерной физики для науки как таковой, а затем — на ее роли в практических приложениях.

Физика элементарных частиц охватывает чрезвычайно большую совокупность проблем, на службу ей поставлена самая современная научная аппаратура, включая гигантские дорогостоящие ускорители элементарных частиц и искусственные спутники Земли. Именно в силу этих обстоятельств ее часто называют индустриальной наукой. Лаборатории, в которых сейчас занимаются физикой высоких энергий, напоминают скорее мощные заводы, чем те физические лаборатории, в которых закладывались основы ядерной науки.

Чем же определяется интерес к фундаментальным исследованиям в области физики элементарных частиц в семидесятые годы нашего столетия?

Первый и, вероятно, главный аспект проблемы заключается в том, что сколько

бы мы ни продвигались вглубь в изучении материи, количество вопросов, на которые мы будем искать ответы, не уменьшится, и основным стимулом в этом останется известное любопытство исследователя. Если через десятилетия или столетия предмет сегодняшней физики элементарных частиц — процессы, протекающие в течение очень малых временных интервалов ($\sim 10^{-8}$ — 10^{-24} с), — отойдет в область прикладных исследований, то можно с уверенностью сказать, что появятся новые фундаментальные исследования, целью которых будет изучение взаимодействия частиц микромира в еще меньших пространственно-временных областях. Может быть, конечно, изменится сама постановка задачи, но структура человеческих знаний такова, что в то время как в одной области мы только думаем над тем, какой вопрос задать природе, в другой уже пожинаем плоды своей любознательности. Таким образом, фундаментальные исследования присущи науке всегда.

В стремлении постигнуть строение вещества, расширить наши представления о структуре пространства и времени ученые установили, что в природе существуют четыре типа фундаментальных взаимодействий: гравитационное, электромагнитное, сильное и слабое.

Гравитационное и электромагнитное взаимодействия известны уже давно. Силы, связанные с ними, имеют характер дальнего действия и проявляются во многих макроскопических явлениях, используемых в человеческой практике.

Сильные и слабые взаимодействия гораздо специфичнее. С ними мы столкнулись, лишь приступив к детальному исследованию строения ядер и изучению элементарных частиц.

Фундаментальные взаимодействия охватывают огромный диапазон явлений, происходящих во Вселенной: от движения небесных тел и эволюции звезд до тончайших процессов, происходящих в элементарных частицах. Физика элементарных частиц является одним из важнейших направлений, позволяющим как детально исследовать фундаментальные взаимодействия, так и искать новые типы сил.

Классифицируя взаимодействия по их принципиальному, качественному различию, мы сразу оказываемся перед необходимостью ответить на вопрос: является ли наша систематика полной, не существуют ли в природе еще другие принципиально новые взаимодействия? Поиски их

есть и будут основной задачей многих новых экспериментальных и теоретических исследований.

Несмотря на то что фундаментальные взаимодействия сильно отличаются друг от друга, перед учеными тем не менее стоит проблема — не лежит ли в их основе нечто, объединяющее их, не являются ли они разными проявлениями одного фундаментального взаимодействия? Такая задача, по-видимому, будет предметом серьезного теоретического анализа на ближайший, а может быть и на весьма отдаленный, промежуток времени. Определенные успехи в этом направлении уже налицо — сейчас мы с большой вероятностью можем говорить о единстве слабых и электромагнитных сил, достигнутом в рамках теорий калибровочных полей. Объединенная модель слабых и электромагнитных взаимодействий предсказала слабые взаимодействия, обусловленные нейтральными токами, которые и были впоследствии обнаружены экспериментально; в последнее время эта модель нашла еще большее подтверждение в многочисленных опытах.

Большие надежды связываются с попытками сформулировать теорию сильных взаимодействий с помощью различных составных моделей, а в последнее время — в рамках квантовой хромодинамики, также относящейся к классу теорий калибровочных полей. Одной из основных идей, лежащих в основе такого рода попыток, является представление об адроне как о связанном состоянии кварков. Определенные, хотя и косвенные указания на правильность этой идеи получены как в результате исследования структуры ранее известных адронов, доказавшего существование масштабной инвариантности в микромире, так и вследствие обнаружения в последние годы семейств новых частиц.

Безусловно, решить все эти задачи невозможно без детального изучения основных взаимодействий. Эксперименты, уже проводимые и только планируемые во многих лабораториях мира, несомненно дадут обильный материал для дальнейшего развития наших теоретических представлений.

Вот, по существу, те проблемы, ради решения которых развивается эта область науки. Глобальный характер изучаемых вопросов мне хотелось бы проиллюстрировать на примере одной из главных задач современной микрофизики. Такой задачей является наведение порядка среди «элементарных» частиц. К настоящему вре-

мени число этих частиц настолько велико, что необходимо, во-первых, систематизировать их по какой-то достаточно оправданной схеме, во-вторых, попытаться найти, какие же из них являются действительно элементарными или, если среди них нет таковых, то какие частицы могут быть претендентами на «кирпичики мироздания», и, в-третьих, если это окажется безнадежным, постараться правильно понять и объяснить, каким образом нам описывать многообразие частиц различных типов, не опираясь на понятие элементарности. Эта программа успешно реализовывалась нами в прошедшем десятилетии, но можно сказать, что мы находимся скорее в начале пути, чем у финиша. Вспомним, что прежде чем квантовая механика позволила понять физическую сущность Периодического закона химических элементов, открытого Менделеевым, прошло более пятидесяти лет. Трудно питать иллюзии, что, для того чтобы систематизировать элементарные частицы и понять сущность этой закономерности, нам придется затратить меньше выдумки и усилий.

В разное время и разным людям, работающим в теории, приходит мысль, что мы уже сейчас располагаем избытком экспериментальной информации. Кажется, у нас нет времени остановиться, чтобы глубоко продумать и систематизировать основные факты под натиском все новых и новых данных. Однако более глубокие раздумья приводят к мысли, что в настоящее время мы скорее имеем дело с явным недостатком информации, особенно информации принципиальной важности. Именно это допускает значительный произвол в наших теоретических построениях.

Где следует ожидать появления фундаментальных фактов, предсказать трудно. Можно только обратить внимание на такое хорошо известное обстоятельство: наибольшая вероятность получить количественно и, особенно, качественно новую информацию существует при переходе к высоким энергиям и высоким точностям. Именно поэтому мы стремимся к большим энергиям, так как в этом случае есть возможность исследовать взаимодействия в чрезвычайно малых, ранее недоступных, пространственно-временных областях. Переход к значительно более высоким энергиям всегда оправдывал себя в смысле богатства качественно новых сведений, которые мы получали в свое распоряжение, — открытия последних лет лишь подтверждают это, и мы вправе надеяться, что это будет иметь место и в бу-

душем. Поэтому стремление физиков, занимающихся исследованиями элементарных частиц, строить огромные экспериментальные установки и ускорители находит понимание, невзирая на чрезвычайное возрастание затрат, необходимых на сооружение этих установок. Оправданием последнему служит очень большой рост трудностей в дальнейшем познании основных законов природы.

Кроме физики элементарных частиц к фундаментальным наукам относится также физика атомного ядра. Цель ее — познание строения атомного ядра и механизмов ядерных реакций. Это имеет принципиальный научный интерес, что связано, во-первых, с исключительно важной ролью атомных ядер в природе и, во-вторых, с тем, что изучение системы сильно-взаимодействующих частиц, какой является атомное ядро, дает более полную информацию о свойствах частиц по сравнению с изучением элементарного акта взаимодействия двух частиц. Действительно, ядро атома является основной и определяющей частью нашей природы. В нем сосредоточена почти вся масса вещества; кроме того, масса и заряд ядра определяют строение электронной оболочки, и тем самым наиболее существенные химические и физические свойства атома.

Многочастичная задача служит источником более полной информации, чем задача двух тел. Атомное ядро является хорошим объектом для изучения задачи многих тел. Оно представляет весьма сложную систему сильно-взаимодействующих частиц, характеризующуюся большим числом степеней свободы. Для изучения строения ядра необходимо применять много различных экспериментальных подходов, основанных на физических процессах с сильными, электромагнитными и слабыми взаимодействиями. Очень важным является развитие теории атомного ядра и тесная связь теории с экспериментом.

Работы по физике атомного ядра преследуют две цели: изучение строения атомного ядра как такового и изучение элементарных взаимодействий, проявляющихся в свойствах атомных ядер. Рассмотрим вопросы, связанные с познанием строения атомного ядра.

Особенностью этой области физики является то, что изучение строения атомного ядра идет в двух направлениях: первое — измерение характеристик основных и все более и более высоких возбужденных состояний, второе — расширение области изучаемых ядер путем удаления от



Импульсный реактор на быстрых нейтронах — ИБР-2, физический пуск которого осуществлен в Объединенном институте ядерных исследований. По мощности он во много раз превзойдет все действующие в мире установки подобного типа. Этот уникальный инструмент открывает широкие возможности для исследований перед физиками, биологами, медиками.

Фото Ю. А. Туманова.

Изохронный циклотрон У-400, предназначенный для ускорения ионов вплоть до ксенона. Он введен в действие в Объединенном институте ядерных исследований в последние дни декабря 1978 г. Это один из наиболее совершенных ускорителей тяжелых ионов, а по некоторым параметрам — уникальная установка для проведения фундаментальных исследований в области физики атомного ядра и изучения возможностей их практического приложения.

Фото Ю. А. Туманова.

зоны β -стабильности и продвижения в область сверхтяжелых элементов.

В природе может существовать около 6000 изотопов, примерно 300 из них — стабильны. В настоящее время обнаружено около 1600 изотопов, причем далеко не все они изучены. Чтобы глубже понять строение ядра, необходимо исследовать ядра самых разнообразных видов. Дело в том, что многие характеристики четно-четных ядер отличаются от таковых для соседних нечетных или нечетно-нечетных ядер. Строение легких ядер отличается от строения средних и тяжелых ядер. Структура деформированных ядер сильно отличается от структуры сферических ядер и т. д. Большое различие наблюдается даже среди деформированных ядер. Поэтому, несмотря на то что силы, действующие между нуклонами, одни и те же во всех ядрах, структура ядер различна и ее невозможно изучать без значительного расширения области исследуемых ядер. Это расширение проводится как за счет изотопов, удаленных от зоны β -стабильности, так и за счет сверхтяжелых ядер.

Изучение строения ядра неразрывно связано с выяснением механизма ядерных реакций. Существенный успех в трактовке прямых ядерных реакций позволяет получать ценные сведения о ядерной структуре. При общем возрастании роли ядерных реакций все более увеличивается значение ядерных реакций с тяжелыми ионами.

С каждым годом возрастает количество информации о строении ядра, полученной из опытов по взаимодействию частиц промежуточных и высоких энергий с ядрами. Новым важным шагом здесь является введение в строй мезонных фабрик с их интенсивными пучками протонов и мезонов.

Весьма большие надежды связаны с изучением ядер, в состав которых наряду с нуклонами входит гиперон. Гиперон может чувствовать себя внутри ядра значительно свободнее, чем нуклон, так как его состояние не связано принципом Паули. Поэтому он может служить инструментом, позволяющим «прощупать» строе-



ние внутренней части ядра. Это обстоятельство позволяет предположить, что гиперядерная физика в значительной степени придет на смену ядерной.

Теоретическая физика ядра начала развиваться более тридцати лет назад после открытия нейтрона и установления нейтрон-протонного состава ядра. Основные трудности в построении теории ядра связаны в первую очередь с тем, что силы взаимодействия между нуклонами весьма сложны и недостаточно хорошо изучены. Кроме того, хорошо известно, что да-



же для простейших межъядерных потенциалов возникают значительные трудности при изучении свойств системы, состоящей из большого, но конечного числа сильно взаимодействующих частиц. В связи с этим теория ядра развивалась по линии поисков простых моделей. Здесь определяющую роль сыграли математические методы, развитые при построении теории сверхтекучести и сверхпроводимости. Было показано, что весьма важную роль в атомных ядрах играют такого же типа взаимодействия, какие приводят к об-

разованию сверхпроводящего состояния в металлах. В этом проявляются общие свойства частиц, подчиняющихся статистике Ферми.

Под влиянием этих работ оформилось и получило широкое развитие фундаментальное направление под названием полумикроскопической теории ядра. В рамках этой теории был блестяще разрешен целый ряд задач, недоступных старой теории ядра. Удалось не только разрешить ряд узловых проблем строения сферических и деформированных ядер, но и



Торондальный спектрометр Европейского центра ядерных исследований (ЦЕРН, Швейцария) — экспериментальная установка для проведения исследований на пучке мюонов, получаемом на протонном ускорителе. Мюонный эксперимент, в котором принимают участие специалисты ЦЕРНа, Объединенного института ядерных исследований (Дубна), Института физики Мюнхенского университета (ФРГ) и Центра ядерных исследований (Сакле, Франция), — пример взаимовыгодного сотрудничества научных центров.

направить в нужное русло экспериментальные исследования.

Что же касается вопроса о значении фундаментальных исследований в области ядерной физики для практических целей, т. е. о том, какую выгоду извлекает все общество из своих вложений в науку, которой занимается небольшая часть его — ученые, то это большой и достаточно трудный вопрос, так как сказать сегодня, что вот эта область фундаментальных исследований завтра даст такую-то выгоду, а другая область через пять лет приве-

дет к такому-то практическому применению, чаще всего просто невозможно.

Исследования в области фундаментальной науки в каждый данный момент кажутся иногда бесполезными даже для ученых смежных направлений. Лишь впоследствии оказывается, что, казалось бы, чисто теоретические фундаментальные исследования дали тот задел, который привел к созданию новых областей техники. В связи с этим вспомним, например, что в тридцатые годы исследования в области атомного ядра многими считались настолько абстрактными, настолько оторванными от жизни, что высказывались даже сомнения в целесообразности их хотя бы скромного финансирования. Правда, через несколько лет был построен первый атомный реактор. А сейчас ядерная энергетика уже вышла из стадии эксперимента: атомные электростанции начали конкурировать с обычными и, более того, нашли свой путь развития. В настоящее время у целого ряда стран имеются пятилетние или долгосрочные национальные программы развития атомной науки и техники.

Следующим перспективным этапом

Научные судьбы многих видных ученых, занимающихся ядерной физикой, связаны с Дубной, с Объединенным институтом ядерных исследований.

Н. Н. Боголюбов в Дубне. Слева — вице-президент АН СССР, ректор МГУ А. А. Логунов; справа — директор Института ядерных исследований АН СССР А. Н. Тавхелидзе.

Фото Ю. А. Туманова.



в развитии ядерной энергии должно стать вовлечение в энергетический цикл нового ядерного горючего — высокотемпературной дейтерий-тритиевой плазмы. Мне хотелось бы подчеркнуть здесь, что в 1955 г. благодаря инициативе замечательного советского ученого И. В. Курчатова работы по управляемому термоядерному синтезу были рассекречены, что оказало чрезвычайно благотворное влияние на все развитие этой важной области.

Здесь также нужно заметить, что задолго до появления самой идеи об управляемой термоядерной реакции успешно развивался теоретический подход к изучению плазмы. Эти исследования имели чисто научный интерес. И вот они нашли широкое поле для своего приложения в проблеме управляемого термоядерного синтеза.

Примеров можно привести много. В настоящее время мы имеем, по-видимому, аналогичное положение в физике высоких энергий, иначе говоря, в физике элементарных частиц. Пока здесь не намечается перспектив больших приложений, но, по моему глубокому убеждению, проникно-

вание в тайны строения материи, в законы взаимодействия ее основных микроблоков — элементарных частиц — должно привести к большому, может быть, совершенно неожиданным практическим приложениям.

Среди других практических следствий ядерной физики можно отметить развитие работ по прикладной радиационной химии и осуществлению радиационно-химических процессов в промышленном масштабе. В некоторых странах на основе процессов радиационной модификации полимерных материалов организовано промышленное производство различных материалов и изделий, обладающих уникальными свойствами, осуществлены процессы радиационного синтеза.

Последние годы характеризуются значительным прогрессом в области применения радиоактивных изотопов и излучений в различных областях медицины. Широкое развитие получило применение радиоактивных изотопов с целью диагностики различных заболеваний, в общепрактической практике, хирургии и онкологии. Основные тенденции развития сов-

ременной лучевой терапии, можно характеризовать как:

— расширение диапазона ядерных излучений, применяемых в радиотерапевтической практике (γ -излучение, излучение бетатронов и линейных ускорителей, протонная и нейтронная терапия);

— совершенствование радиационно-физических параметров и клинико-методических обоснований лучевой терапии, оптимизация программ лучевого лечения с целью его индивидуального планирования на основе применения электронно-вычислительной техники.

Значительную роль в дальнейшем совершенствовании диагностики с помощью радиоизотопов и лучевой терапии сыграет создание крупных радиологических центров и подготовка кадров специалистов.

Таким образом, кроме своей генеральной задачи, какой является проблема формирования наших представлений о микромире, ядерная физика таит в себе богатые возможности воздействия на технический прогресс как благодаря открытиям в рамках физики, так и благодаря ее влиянию на другие науки. Эту совокупность аспектов рассматриваемой проблемы и можно отнести к прямым эффектам от фундаментальных исследований в этой области науки. Но следует учесть, что кроме этого существуют и косвенные эффекты этих исследований, которым весьма трудно дать экономическую оценку, в то время как польза от них чрезвычайно велика. Дело в том, что развитие ядерной физики сопровождается появлением принципиально новой физической аппаратуры и новой методики, которые находят применение во многих областях науки и техники, в народном хозяйстве.

Несколько примеров такого влияния физических исследований можно привести из области деятельности Объединенного института ядерных исследований (Дубна).

Безусловно, потребности физического эксперимента способствовали быстрому и разностороннему развитию современной вычислительной техники. Созданные для этих целей системы находят эффективное применение и в других отраслях.

Уже упоминалось о возможности использования пучков ускоренных частиц для лечения злокачественных опухолей у человека. Наш институт одним из первых начал такого рода исследования. В них используются пучки протонов и Λ -мезонов, получаемых на установках ОИЯИ.

Наши ученые и специалисты по криогенной технике разработали эффективные мощные установки для сжижения газов; некоторые из них пошли в промышленное производство.

Интересные результаты получены сотрудниками ОИЯИ при разработке методов радиоактивационного анализа. Были предложены методы контроля загрязнения окружающей среды, изучения роли микроэлементов в биологии, анализа геологических образцов.

Несколько подробнее я остановлюсь на одной из последних работ — создании ядерных фильтров. Для изучения различных ядерных реакций физики используют тонкие пластические пленки, в которых ядерные частицы оставляют следы. Если этими частицами являются ионы тяжелых элементов — аргона, ксенона и др., то повреждения пленок оказываются настолько сильными, что после дополнительной химической обработки в местах поврежденных образуются сквозные отверстия. Размеры всех этих отверстий одинаковы и могут быть сделаны очень маленькими — меньше размеров самого мелкого вируса и бактерий. Такие дырчатые пленки могут использоваться в качестве фильтров для очистки жидкостей и газов, при производстве полупроводниковых приборов, для фильтрации и обеззараживания питьевой воды, для стабилизации вина и пива, после чего эти продукты, не скисая, могут храниться очень долгое время, и т. д. В институте создана установка, которая может производить такие ядерные фильтры.

Таким образом, будет ошибкой считать, что развитие фундаментальных физических исследований, связанное с сооружением все более мощных (и следовательно дорогостоящих!) ускорителей и реакторов, не приносит сегодня реальной пользы людям. Развивая такие далекие, казалось бы, от практического применения области фундаментальной науки, как физика высоких энергий и атомного ядра, мы разрабатываем новые электронные системы, включая вычислительную технику, новые криогенные устройства, в том числе с использованием сверхпроводников, новые материалы и методы их обработки, новые вещества и многое другое.

Результаты решения самых глобальных научных проблем получают широкое применение в различных сферах деятельности современного общества и, я бы сказал, повышают научно-техническую культуру общества в целом.

Развитие общих идей квантовой физики

Д. В. Ширков



Дмитрий Васильевич Ширков, член-корреспондент АН СССР, начальник сектора Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований (Дубна). Работает в области квантовой теории поля, физики элементарных частиц и статистической физики.

Автор монографий: Введение в теорию квантованных полей, изд. 3-е, М., 1976 (совместно с Н. Н. Боголюбовым); Новый метод в теории сверхпроводимости, М., 1958 (совместно с Н. Н. Боголюбовым и В. В. Толмачевым); Дисперсионные теории сильных взаимодействий при низких энергиях, М., 1967 (совместно с В. А. Мещеряковым и В. В. Серебряковым).
Лауреат Ленинской премии.

Задача физика-теоретика состоит в том, чтобы, обобщая закономерности физических явлений, свести их к небольшому числу фундаментальных законов. Рабочим инструментом при этом является математика, представляющая собой весьма экономный способ описания существующих в природе логических взаимосвязей. Правда, как правило, реальные физические ситуации описываются сложными математическими выражениями, не поддающимися не только точному решению, но зачастую даже качественному анализу. В одних случаях цель исследователя заключается в таком упрощении исходных уравнений, чтобы приближенная задача не только оказалась решаемой, но и сохранила бы основные физические свойства рассматриваемого объекта, что, вообще говоря, требует большого искусства. В других случаях удается установить математические соотношения, которые носят характер теорем, описывающих общие свойства широкого круга явлений.

В этой статье на нескольких примерах иллюстрируются обе ситуации. Эти примеры связаны с именем Николая Николаевича Боголюбова, и демонстрируют глубину его идей и единство математической структуры теорий физических явлений, на первый взгляд далеких друг от друга.

В октябре 1946 г. в докладе на собрании Отделения физико-математических наук АН СССР Николай Николаевич дал блестящее по простоте и богатству физических идей объяснение явления сверхтекучести на микроскопическом уровне. В этой работе были использованы два сравнительно простых с математической точки зрения приема, несущих, однако, настолько глубокое физическое содержание, что используются и по сию пору в самых современных областях теоретической физики. Это — упрощение гамильтониана (переход к так называемому модельному гамильтониану) и решение упрощенной задачи путем специфического преобразования переменных (преобразования Боголюбова).

Свойство сверхтекучести системы, состоящей из подчиняющихся статистике Бозе — Эйнштейна частиц с целым спином, является чисто квантовым явлением. Даже наиболее простая модель системы взаимодействующих бозе-частиц (модель ^4He) приводит к гамильтониану с членами четвертой степени по величине полей этих частиц. Соответствующие квантовые уравнения движения содержат нелинейные кубические члены и достаточно сложны по своей структуре (интегро-дифференциальные уравнения). При формулировке своей процедуры упрощения исходного гамильтониана Н. Н. Боголюбов исходил

из того физически очевидного соображения, что при очень низких температурах основная часть частиц идеального бозе-газа должна иметь минимальную, т. е. нулевую, энергию. В предельном случае абсолютного нуля температур ($T = 0$) в состоянии с нулевой энергией находятся все частицы; с повышением температуры их число меняется по закону

$$N_{E=0} = N [1 - (T/T_0)^{3/2}],$$

где N — полное число частиц системы, а T_0 — критическая температура, по достижении которой не остается ни одной частицы с нулевой энергией. Явление накопления частиц с $E = 0$ называется конденсацией Бозе — Эйнштейна. При попытках связать явления бозе-эйнштейновской конденсации и сверхтекучести давно была замечена существенная роль взаимодействия бозе-частиц между собой. Идеальный бозе-газ свойством сверхтекучести не обладает, потому что его конденсат не образует связанного коллектива и, двигаясь как целое, никак не реагирует на выпадение из него, например вследствие соударений со стенками сосуда, отдельных частиц.

Н. Н. Боголюбов представил волновую функцию Ψ системы взаимодействующих бозе-частиц при низких температурах в виде суммы двух слагаемых:

$$\Psi(\vec{x}) = \Psi_0 + u(\vec{x}).$$

Слагаемое Ψ_0 не зависит от координат $\vec{x}$ и в импульсном представлении пропорционально δ -функции:

$$\tilde{\Psi}_0(\vec{p}) = \frac{1}{(2\pi)^3} \int d\vec{x} \Psi_0 e^{i\vec{p}\vec{x}} = \Psi_0 \delta(\vec{p}).$$

Стало быть, Ψ_0 описывает частицы с нулевым импульсом, т. е. принадлежащие бозе-эйнштейновскому конденсату. Вто-

рое слагаемое $u(\vec{x})$ отвечает частицам с ненулевыми импульсами и, по предположению, в рассматриваемой области температур много меньше первого. Коль скоро это так, можно пренебречь высшими степенями малого слагаемого u с целью получить квадратичный относительно u гамильтониан и, следовательно, линейные уравнения движения для u .

Таким образом, этап упрощения исходного гамильтониана по Н. Н. Боголюбову состоит в переходе от волновой функ-

ции $\Psi(\vec{x})$ к новой функции $u(\vec{x})$ с помощью «сдвига на константу» и последующего отбрасывания в гамильтониане H степеней функции $u(\vec{x})$ выше второй:

$$H(\Psi) = H(\Psi_0 + u) \approx H'(u).$$

Полученный этим путем приближенный гамильтониан H' представляет собой квадратичную недиагональную форму. На следующем этапе необходимо было решить упрощенную задачу, т. е. привести H' к диагональному виду. Это было достигнуто с помощью линейного преобразования особого вида, названного впоследствии «преобразованием Боголюбова». И на этом этапе за использованным математическим приемом стояло ясное понимание физической сущности происходящих процессов. Уже отмечалось, что для объяснения сверхтекучести необходимо было исследовать неидеальные бозе-системы. Первостепенное значение при этом имело изучение процессов выпадения частиц из конденсата. Вследствие закона сохранения импульса отдельная частица не может покинуть конденсат. Однако в нем может образоваться пара частиц с суммарным импульсом, равным нулю. Такая пара уже может «выпасть» из конденсата. Для учета подобных процессов было совершено линейное преобразование волновых функций частиц с равными, но противоположно направленными импульсами. Таким путем удалось привести гамильтониан к диагональному виду и исследовать основное и возбужденные состояния системы.

Оказалось, что нижнее состояние имеет весьма специфическую структуру, представляя собой суперпозицию коррелированных пар исходных бозонов с противоположными импульсами, так что суммарный импульс каждой пары равен нулю. Благодаря такой структуре конденсат системы образует связанный коллектив, реагирующий на выпадение из него частиц повышением энергии. Как следствие, основное состояние системы устойчиво относительно макроскопического движения с небольшими скоростями. Это состояние и является сверхтекучим.

Проследим теперь влияние новаторских приемов, предложенных Н. Н. Боголюбовым еще в 1946 г., на последующее развитие физики микромира.

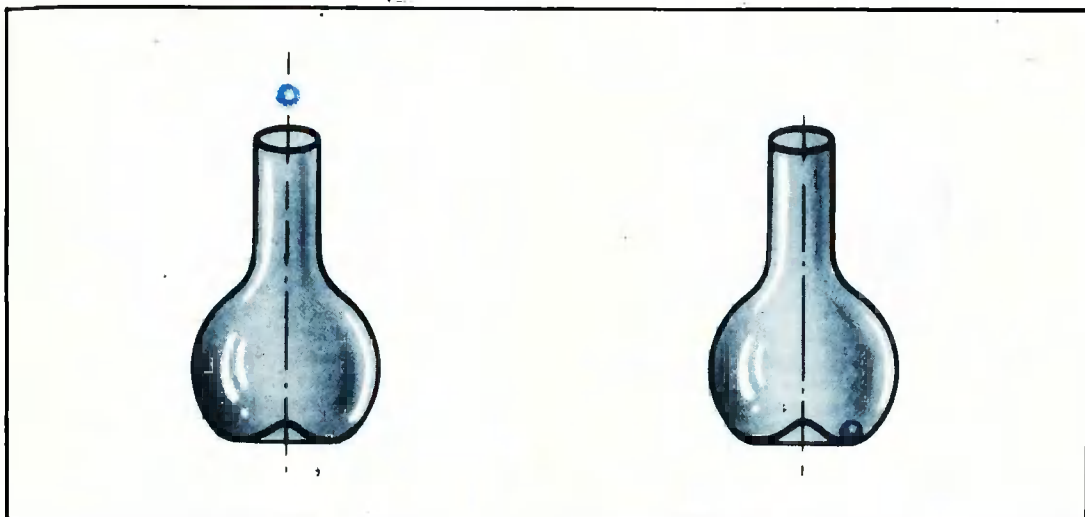
Операция «сдвига на константу» была использована в начале 60-х годов в ряде

работ по так называемому спонтанному нарушению симметрии, происходящему в системах с вырожденным вакуумом (т. е. энергетически вырожденным нижним состоянием). Это явление, широко используемое сейчас в квантовой теории поля, имеет механические аналогии, хорошо поясняющие суть дела.

Рассмотрим, например, систему, состоящую из пустого сосуда с вогнутым дном и маленького шарика. Сосуд, представляющий собой тело вращения, поставим строго вертикально относительно поля

нижнее состояние системы вырождено, т. е. является не единственным, а состоит из набора несимметричных состояний. Операция симметрии (в нашем примере — вращение) переводит каждое из состояний в другое из этого же набора, который называется «симметричным в целом».

Общий аппарат изучения квантостатистических систем с вырожденным вакуумом был развит Н. Н. Боголюбовым в самом начале 60-х годов в его капитальном труде о квазисредних. Для анализа подобных систем Николай Николаевич вво-



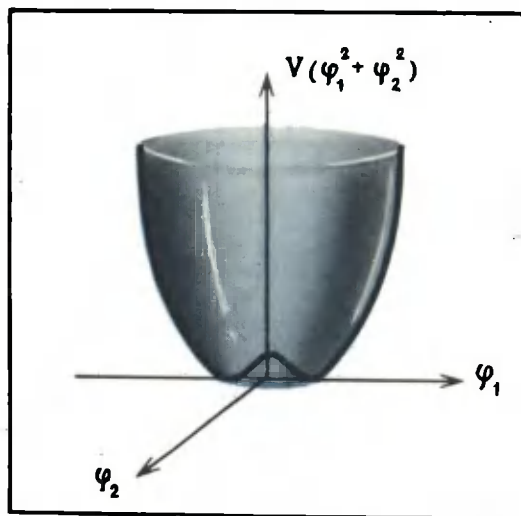
сосуд с вогнутым дном, в который бросается шарик, — механический аналог системы со спонтанным нарушением симметрии. Начальное состояние (слева) симметрично относительно вращения вокруг вертикальной оси. В конечном состоянии (справа) шарик занял одно из многих положений устойчивого равновесия, соответствующих минимуму потенциальной энергии. Теперь вращение переводит состояние системы не само в себя, а в другое состояние с той же потенциальной энергией. Симметрия системы относительно вращения исчезла — произошло ее спонтанное нарушение.

тяжести Земли; затем точно по оси бросим в него шарик. Достигнув дна, шарик не удержится на центральной выпуклости и скатится к краю сосуда. Таким образом, в начальном состоянии наша система обладает симметрией относительно операции вращения вокруг вертикальной оси, тогда как в конечном состоянии этой симметрии нет. Произошло спонтанное (т. е. самопроизвольное) нарушение симметрии. Оно стало возможным благодаря тому, что

дид в гамильтониан добавку, пропорциональную малому параметру ν и формально снимающую вырождение (т. е. нарушающую связанную с ним симметрию). Для механической модели такая добавка может отвечать малому отклонению оси сосуда от вертикального направления. Система при этом обладает единственным вакуумом (нижним состоянием), что позволяет применять при ее изучении общепринятые методы. Решая задачу при малых, но конечных ν и переходя затем к пределу при $\nu \rightarrow 0$, мы получаем некоторое заданное решение со спонтанно нарушенной симметрией. В работе о квазисредних Н. Н. Боголюбов доказал также фундаментальную теорему, согласно которой в квантовой системе при спонтанном нарушении непрерывной симметрии всегда возникает дальнее действие. В приведенном механическом примере непрерывности симметрии (вращения) отвечает непрерывность вырожденных вакуумных состояний, т. е. шарик может перемещаться

вдоль кругового желоба на дне сосуда без изменения потенциальной энергии. В квантовом случае этому соответствует появление безмассовых возбуждений — квантов типа фонона или фотона, — обмен которыми, как хорошо известно, приводит к взаимодействию с бесконечно большим радиусом.

Примерно в это же время аналогичный результат для квантовой теории поля был получен Дж. Голдстоуном, который в своих рассуждениях использовал операцию «сдвига на константу». Примененный



Потенциальная часть V лагранжиана двух скалярных полей φ_1 и φ_2 . Операцией симметрии здесь является вращение в плоскости переменных φ_1 и φ_2 . Цветом дана окружность, соответствующая минимуму V . Она изображает набор вакуумных состояний системы. В квантовой теории поля лагранжиан такого типа описывает системы со спонтанным нарушением симметрии.

прием можно продемонстрировать на примере простейшей квантово-полевой модели — теории двух скалярных полей $\varphi_1(x)$ и $\varphi_2(x)$, лагранжиан которой

$$L = T\left(\frac{\partial \varphi_1}{\partial x}, \frac{\partial \varphi_2}{\partial x}\right) - V(\varphi_1^2 + \varphi_2^2)$$

наряду с кинетическим членом T содержит потенциальную составляющую специального вида:

$$V(\varphi_1^2 + \varphi_2^2) = \frac{\mu^4}{4\lambda} - \frac{\mu^2}{2}(\varphi_1^2 + \varphi_2^2) + \frac{\lambda}{4}(\varphi_1^2 + \varphi_2^2)^2.$$

Представим себе абстрактное пространство, в котором по осям отложены значения φ_1 и φ_2 . Профиль потенциала в этом пространстве можно изобразить с помощью геометрической фигуры, похожей на сосуд с выпуклым дном. Симметричный экстремум $\varphi_1 = \varphi_2 = 0$ соответствует локальному максимуму функции V и не является устойчивым. При квантовании любому полю φ сопоставляется квант, квадрат массы которого совпадает с коэффициентом при $1/2 \varphi^2$ в соответствующем лагранжиане; члены с высшими степенями φ описывают взаимодействие квантов. В выписанном лагранжиане этот коэффициент отрицателен ($-\mu^2$), т. е. кванты полей φ_1 и φ_2 имеют минимую массу. Это и есть квантово-полевое проявление классической неустойчивости симметричного решения. Минимум же потенциала V , соответствующий круговому желобу дна сосуда, бесконечно вырожден и описывается уравнением окружности $\varphi_1^2 + \varphi_2^2 = \mu^2/\lambda$. Идея заключается в том, чтобы производить квантование малых колебаний около положения устойчивого равновесия. Прежде всего следует сделать «сдвиг на константу», например,

$$\varphi_1(x) = \sqrt{\mu^2/\lambda} + u(x),$$

т. е. выбрать один из минимумов и тем самым спонтанно нарушить симметрию относительно вращения в плоскости (φ_1, φ_2) . В терминах новых полей $u(x)$ и $\varphi_2(x)$ потенциальная энергия приобретает вид:

$$V = \frac{2\mu^4}{\lambda} u^2 + (\text{члены высших степеней по } u \text{ и } \varphi_2).$$

Заметим, что при этом исчез член $\sim \varphi_2^2$, а коэффициент при u^2 стал положительным!

Мы видим, таким образом, что квант поля u приобретает действительную массу $\mu/\sqrt{2}$, а квант поля φ_2 массы не имеет. Скалярные частицы с нулевой массой, возникающие в результате спонтанного нарушения непрерывной симметрии в квантовой теории поля, вошли в теорию под названием голдстоуновских бозонов. Теорема Голдстоуна о безмассовых бозонах может рассматриваться как переложение на релятивистский случай теоремы Н. Н. Боголюбова о дальнем действии.

Поскольку единственное взаимодействие с бесконечно большим радиусом, наблюдаемое в природе, есть электро-

магнитное взаимодействие, теореме Голдстоуна, казалось, была суждена роль математического курьеза. По счастью, этого не случилось. В середине 50-х годов в теоретической физике появились так называемые калибровочные векторные поля. Об основных идеях, потребовавших введения таких полей, речь пойдет ниже. Пока лишь отметим, что кванты этих полей — безмассовые бозоны со спином единица — во многом похожи на фотон. Так как кроме фотона — кванта электромагнитного поля — других безмассовых квантов в природе не наблюдается, эти поля также не находили себе применения вплоть до середины 60-х годов, когда было сделано замечательное открытие — механизм Хиггса. Было замечено, что если объединить теорию калибровочных полей с теорией спонтанно нарушенной симметрии, то совокупность безмассового голдстоуновского бозона и безмассового калибровочного бозона эквивалентна массивному калибровочному бозону. Это открытие позволило С. Вайнбергу и А. Саламу построить в конце 60-х годов объединенную модель электромагнитных и слабых взаимодействий, нашедшую в последнее время подтверждение в многочисленных экспериментах. Сейчас она считается весьма вероятным кандидатом на роль реалистической теории. В модели Вайнберга — Салама взаимодействие переносится четырьмя векторными частицами, одна из которых, имеющая нулевую массу, отождествляется с фотоном и ответственна за электромагнитные взаимодействия. Три другие частицы ($W^\pm$, Z), получившие массу за счет действия механизма Хиггса, переносят слабые взаимодействия. Экспериментально вопрос о реальности существования $W^\pm$ и Z , по-видимому, будет решен в следующем десятилетии на ускорителях нового поколения.

Другой новаторский прием, введенный Н. Н. Боголюбовым в 1946 г., также получил долгую жизнь. Преобразование Н. Н. Боголюбова, представляющее основное состояние бозе-системы в виде облака коррелированных пар с суммарным нулевым импульсом, получило обобщение и стало пригодным для исследования проблемы сверхтекучести систем частиц с полуцелым спином, подчиняющихся статистике Ферми, и в первую очередь для построения микроскопической теории сверхпроводимости. На первый взгляд, попытка описать сверхпроводимость как сверхтекучесть электронного газа заранее обречена на неудачу по простой причине отсутствия в ферми-системах конденсата. В самом деле, для

фермионов справедлив принцип Паули, запрещающий двум таким частицам находиться в одном состоянии. Поэтому даже при нулевой температуре в состоянии с нулевым импульсом могут находиться лишь два электрона, отличающихся направлениями спинов. Это же справедливо для любого другого значения импульса. Таким образом, при $T=0$ электроны заполняют все состояния с энергиями от нуля до E_F ; значение максимальной энергии E_F зависит от полного числа электронов в газе. В импульсном пространстве можно представить, что электроны сосредоточены внутри так называемой сферы Ферми с радиусом $p_F = \sqrt{2mE_F}$. При повышении температуры резкая граница — поверхность Ферми — постепенно размывается, образуя пограничный слой: вне ее появляются электроны, внутри — незаполненные ячейки, именуемые «дырками». Такая дырка ведет себя как фермион, отличающийся от отсутствующего электрона знаками электрического заряда, импульса и спина. Как видно, эта картина не имеет ничего общего с бозе-эйнштейновским конденсатом.

В 1956 г. американский ученый Л. Купер предположил, что сверхпроводимость возникает из-за наличия коррелированных пар электронов, расположенных в пограничном слое вблизи поверхности Ферми и обладающих нулевыми суммарными импульсом и спином. Физическая причина образования таких пар — взаимодействие электронов проводимости с колебаниями атомов решетки (фононами), в результате которого между электронами возникает сила притяжения, превосходящая кулоновские силы отталкивания. Вслед за публикацией Л. Купера в 1957 г. появились работы Н. Н. Боголюбова и Дж. Бардина, Л. Купера, Р. Шриффера, в которых была построена микроскопическая теория сверхпроводимости. Основное состояние, обладающее свойством сверхпроводимости, представляется суперпозицией куперовских пар, наложенной на сферу Ферми. Эти пары могут быть получены специальным преобразованием ферми-операторов, предложенным Н. Н. Боголюбовым в 1957 г. и представляющим аналог его преобразований для бозонов. Куперовские пары ведут себя как квазичастицы, приближенно подчиняющиеся статистике Бозе — Эйнштейна и поэтому способные образовывать конденсат. С этой точки зрения свойство сверхпроводимости ферми-системы можно трактовать как сверхтекучесть системы, состоящей из бозонов — упомянутых квазичастиц. Таким образом устанавли-

ливается физическое родство двух замечательных чисто квантовых явлений, проявляющихся в макроскопических масштабах.

Дальнейшее развитие этой аналогии привело Н. Н. Боголюбова к идее о сверхтекучести ядерной материи, высказанной им в 1958 г. Эта идея оказалась весьма плодотворной при объяснении свойств реальных атомных ядер.

Ядро — это система, состоящая из конечного числа фермионов двух сортов (протонов и нейтронов). В отличие от электронного газа, в таких конечных сферически-симметричных системах сохраняющимся квантовым числом является не импульс, а полный угловой момент. Фермионы одного сорта образуют коррелированные пары с суммарным угловым моментом, равным нулю. Этот эффект играет наиболее важную роль для средних и тяжелых ядер, особенно ярко проявляясь в четно-четных ядрах, состоящих из четного числа протонов и нейтронов. Парные корреляции существенно уменьшают момент инерции таких ядер. Здесь сверхтекучесть можно понимать буквально, так как все нуклоны могут быть спарены и, входя в пару с равным нулю угловым моментом, не дают вклада в момент инерции всего ядра. Парные корреляции в значительной мере определяют равновесную форму ядра, обеспечивая его устойчивость. Эта картина объясняет ряд таких важных характеристик четно-четных ядер, как нулевой спин и положительная четность основного состояния, структура возбуждений и значительное увеличение вероятности α -распадов.

Мы видим, как уже более тридцати лет идеи, выдвинутые Николаем Николаевичем в работе 1946 г., приносят новые плоды. Уже отмечалось, что примененные методы относительно несложны с математической точки зрения. В этом в полной мере проявился талант автора именно как физика, глубоко постигающего сущность происходящих явлений.

Обратимся теперь к другой классической работе Н. Н. Боголюбова, также оказавшей огромное влияние на последующее развитие одного из важнейших разделов физики элементарных частиц — теории сильных взаимодействий. В этой работе отразилась другая грань таланта исследователя — способность виртуозно использовать при решении физических задач современные математические методы. Речь идет о доказательстве дисперсионных соотношений в квантовой теории поля, т. е. соотношений между веществен-

ной частью амплитуды рассеяния и определенного рода интегралом от ее мнимой части.

Различные виды дисперсионных соотношений были известны задолго до появления квантовой теории поля. Еще в середине 20-х годов Г. Крамерс и Р. Кронинг получили в классической электродинамике дисперсионное соотношение между вещественной и мнимой частями показателя преломления. Физической основой их дисперсионного соотношения послужило то обстоятельство, что сигналы не могут распространяться со скоростью, большей скорости света (принцип причинности).

Основным математическим средством вывода дисперсионных соотношений является теорема Коши об интеграле по контуру

$$f(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_C dz' \frac{f(z')}{z' - z},$$

где z, z' — комплексные переменные ($z = x + iy$), C обозначает контур в плоскости z' , охватывающий точку z , а $f(z)$ — аналитическая функция z . На действительной оси ($z = x$) функция $f(x)$, вообще говоря, комплексна и представима в виде

$$f(x) = u(x) + i v(x).$$

При определенных свойствах $f(z)$ с помощью теоремы Коши можно получить дисперсионное соотношение

$$\operatorname{Re} f(x) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} dx' \frac{\operatorname{Im} f(x')}{x' - x},$$

связывающее вещественную ($u(x) = \operatorname{Re} f(x)$) и мнимую ($v(x) = \operatorname{Im} f(x)$) части функции. Вопрос состоит в том, удовлетворяет ли функция f , для которой мы хотим получить дисперсионное соотношение, тем условиям, при которых допустимо применение интегральной теоремы Коши.

В 1954—1955 гг. появились работы ряда американских теоретиков, в которых предлагалось использовать дисперсионные соотношения в задаче рассеяния элементарных частиц. В такой задаче в качестве аналитической функции выступает амплитуда рассеяния $f(E)$, зависящая от

энергии E . При действительных положительных E амплитуда комплексна:

$$f(E) = \operatorname{Re} f(E) + i \operatorname{Im} f(E).$$

При этом, согласно общим соотношениям квантовой теории, вероятность рассеяния в телесный угол Ω (дифференциальное сечение) пропорциональна квадрату модуля амплитуды $f(E)$:

$$W \sim \frac{d\sigma}{d\Omega} \sim |f(E)|^2 = |\operatorname{Re} f(E)|^2 + |\operatorname{Im} f(E)|^2.$$

А мнимая часть амплитуды рассеяния на нулевой угол выражается через полное сечение (оптическая теорема):

$$\operatorname{Im} f(E) \sim \sigma(E).$$

Обе эти величины, $\sigma(E)$ и $d\sigma/d\Omega$, непосредственно измеряются на опыте, а зная их, с помощью выписанных соотношений можно найти $\operatorname{Re} f(E)$ и $\operatorname{Im} f(E)$. Поэтому дисперсионное соотношение для амплитуды рассеяния дало бы связь между двумя экспериментальными характеристиками. В отсутствие теории сильных взаимодействий важность подобных соотношений для процессов рассеяния адронов представляется очевидной. Общий характер дисперсионных соотношений, с одной стороны, и доступность их экспериментальной проверки, с другой, сразу привлекли к ним всеобщий интерес.

Выяснилось, однако, что задача строгого вывода дисперсионных соотношений в релятивистской квантовой теории поля совсем не проста. Для их доказательства необходимо было аккуратно провести процедуру аналитического продолжения амплитуды $f(E)$, определенной лишь для вещественных значений E , в комплексную плоскость $z = E + i\gamma$. Дело осложнялось тем, что амплитуда $f(E)$ содержит сингулярности и с математической точки зрения является обобщенной функцией.

Трудности корректного получения дисперсионных соотношений оказались настолько значительными, что в течение 1955—1956 гг. появился ряд публикаций, содержащих недостаточно четкие рассуждения и вследствие этого порой приводящих к взаимно исключающим результатам.

В такой смущающей многих ситуации переломным моментом явилось капитальное математическое исследование

Н. Н. Боголюбова, доложенное в сентябре 1956 г. на Международном съезде физиков-теоретиков в Сиэттле (США). В этой работе Николай Николаевич разработал особый метод аналитического продолжения обобщенных функций. Важным исходным элементом доказательства явилась новая универсальная формулировка условия причинности, предложенная Н. Н. Боголюбовым в 1955 г. В докладе был дан строгий вывод дисперсионных соотношений для рассеяния π -мезонов на нуклонах. Стало ясно, что дисперсионные соотношения являются прямым следствием общих принципов локальной квантовой теории поля: причинности, унитарности (сохранения вероятности), релятивистской ковариантности. Таким образом, экспериментальная проверка дисперсионных соотношений — одновременно и проверка этих общих принципов. Метод дисперсионных соотношений получил твердую основу, завоевал всеобщее признание и начал стремительно развиваться совместными усилиями многих исследователей.

Работа Н. Н. Боголюбова по дисперсионным соотношениям наложила глубокий отпечаток на последующие исследования в теории сильных взаимодействий и квантовой теории поля. В течение нескольких лет после ее опубликования были доказаны дисперсионные соотношения для ряда других процессов. Оказалось, что использованная Н. Н. Боголюбовым система аксиом имеет более широкое значение и удобна для систематического построения квантовой теории поля.

Работа Н. Н. Боголюбова дала еще один глубокий результат, значение которого было осознано не столь быстро. Амплитуда рассеяния является функцией двух кинематических переменных, связанных с энергией и углом рассеяния. В силу определенной симметрии математически родственных, но физически различающихся процессов эти переменные могут выступать равноправно. Исследования Н. Н. Боголюбова внесли в сознание физиков понятие об амплитуде рассеяния как единой аналитической функции двух кинематических комплексных переменных, различные граничные значения которой описывают физически далекие процессы. Например, применение этих идей в области низких энергий позволило связать характеристики упругого рассеяния π -мезонов на нуклонах с параметрами процесса двухпионной аннигиляции нуклон-антинуклонной пары $\bar{\pi} + p \rightarrow \pi + \pi$. Это понятие

сыграло также определяющую роль в получении строгих ограничений на асимптотическое поведение амплитуд рассеяния в области высоких энергий. Найденные оценки оказались довольно близкими к экспериментальным данным по росту полных сечений, полученным на крупнейших ускорителях в начале 70-х годов.

Доказанные Н. Н. Боголюбовым в работе 1956 г. сугубо математические теоремы нашли применение не только при дальнейшем развитии теории дисперсионных соотношений, но и в ряде других разделов квантовой теории поля. Сюда относится, например, изучение Н. Н. Боголюбовым с соавторами проблемы так называемых автомодельных асимптотик в глубоконеупругом рассеянии при высоких энергиях. Процессы глубоконеупругого рассеяния, т. е. рассеяния, сопровождающегося рождением множества других частиц, позволяют получить информацию о внутренней структуре адронов. Эксперименты показали, что асимптотическое поведение сечений при больших энергиях таково, как если бы адроны состояли из точечно-подобных объектов. Это открытие находится в полном согласии с кварковой моделью адронов, в развитие которой Н. Н. Боголюбов также внес большой вклад. В частности, в этой области Николаю Николаевичу и его ученикам принадлежит фундаментальный результат, заключающийся в введении нового квантового числа, названного впоследствии «цветом». Согласно кварковой модели, Ω -гиперон, например, состоит из трех кварков одного сорта с одинаковым направлением спина. Чтобы обойти принцип Паули, запрещающий существование таких систем, и было предложено новое квантовое число, принимающее три значения и делающее состояния этих кварков различными.

Гипотеза «цветных» кварков вместе с идеей калибровочных полей привела к созданию квантовой хромодинамики, претендующей в последнее время на роль теории сильных взаимодействий. В этой статье уже упоминались калибровочные поля, с которыми связаны последние успехи в развитии теории элементарных частиц. Наиболее простым из калибровочных полей является электромагнитное поле. Уравнения Максвелла инвариантны относительно калибровочных (градиентных) преобразований вектора-потенциала A_μ электромагнитного поля:

$$A_\mu \rightarrow A_\mu + \frac{\partial f}{\partial x^\mu}.$$

Поскольку физически наблюдаемыми являются электрическое и магнитное поля, а не сам вектор A_μ , калибровочное преобразование не приводит к наблюдаемым последствиям. В квантовой электродинамике это преобразование тесно связано с сохранением электрического заряда — источника электромагнитных сил.

Принцип калибровочной инвариантности электромагнитных взаимодействий был обобщен в 1954 г. Ч. Янгом и Р. Миллсом. Идея Янга — Миллса опиралась на экспериментально наблюдаемую неразличимость протона и нейтрона в отсутствие слабых и электромагнитных взаимодействий. В таком случае протон и нейтрон можно описать как два различных состояния одной частицы — нуклона, причем в сильных взаимодействиях эти состояния ведут себя одинаково. Обозначим волновые функции протона и нейтрона через $|p\rangle$ и $|n\rangle$. Принимая во внимание квантомеханический принцип суперпозиции и неразличимость протона и нейтрона в сильных взаимодействиях, можно построить следующие линейные комбинации:

$$\begin{aligned} |p'\rangle &= \cos \theta |p\rangle + \sin \theta |n\rangle \\ |n'\rangle &= -\sin \theta |p\rangle + \cos \theta |n\rangle, \end{aligned}$$

которые с таким же успехом можно считать волновыми функциями «новых» протона и нейтрона, поскольку никакие наблюдаемые эффекты не будут зависеть от значения параметра θ .

Иначе, уравнения теории сильных взаимодействий инвариантны относительно определенной группы симметрии, которую формально можно представить как вращение на угол θ в некоторой плоскости переменных $|p\rangle$ и $|n\rangle$ (или, как говорят, в изотопическом пространстве). Обычно подразумевалось, что параметр θ этой группы не зависит от пространственно-временных координат. Иными словами, имея свободу выбора, что называть протоном и нейтроном и сделав выбор в одной точке пространства — времени, мы сразу же теряем эту свободу в других точках. Ч. Янг и Р. Миллс предположили, что взаимодействие должно быть инвариантно относительно локальных преобразований симметрии с зависящими от координат параметрами группы. Это означает, что выбор между протоном и нейтроном в различных точках может происходить независимо: действия физика, изучающего сильные взаимодействия в Дубне, никак не сковывают фантазию ученого в Серпухове.

Для того чтобы уравнения теории остались инвариантными относительно локальных преобразований, пришлось ввести аналог электромагнитного поля — калибровочные поля (они же поля Янга — Миллса). При переходе к квантовой теории этим полям соответствуют безмассовые частицы со спином единица, так же как электромагнитному полю сопоставляется фотон.

В дальнейшем была построена общая теория полей Янга — Миллса, но понадобились усилия многих ученых, прежде чем эти поля нашли применение в физически приемлемых моделях. Уже отмечалось, что создание теории массивных калибровочных полей с помощью механизма Хиггса привело в результате к модели Вайнберга — Салама, объединяющей слабые и электромагнитные взаимодействия.

Другим примером использования полей Янга — Миллса является квантовая хромодинамика. Гипотеза «цвета», согласно которой кварк каждого сорта может находиться в трех различных состояниях, привела к появлению в теории сильных взаимодействий новой группы преобразований, перепутывающих цвета кварков. Требование локальности этой группы, согласно идее Янга — Миллса, вынуждает ввести калибровочные поля, кванты которых (глюоны, от слова *glue* — клей) «склеивают» кварки в адронах. Таким образом, квантовое число «цвет» играет роль «заряда» в сильных взаимодействиях.

Теория цветных кварков, взаимодействующих посредством обмена глюонами, и получила название квантовой хромодинамики. Во второй половине 70-х годов в квантовой хромодинамике был достигнут ряд серьезных успехов и многие теперь полагают, что в понимании законов микромира намечился существенный прогресс.

Физика развивается, появляются новые идеи и теории, и достигнутые ранее результаты отодвигаются в прошлое. Но научные достижения истинного Мастера никогда не стареют: по мере увеличения объема наших знаний его результаты входят составной частью в более полные и общие теории и своей ценностью не утрачивают. Более того, как правило, оказывается, что область применения этих результатов гораздо шире, нежели представлялось в первый момент. Этот характерный признак творчества Мастера прослеживается во всей научной деятельности одного из создателей современной квантовой теории материи Николая Николаевича Боголюбова.

Очередные номера «Природы» можно приобретать по предварительным заказам, оставив заказ лично до 5 числа за два месяца до выхода журнала (например, заказ на № 9 до 5 июля) в магазинах «Академкнига»:

№ 1 — Москва, 103009, Центр, ул. Горького, 8, тел. 229-11-78.

№ 2 — Москва, 117312, ул. Вавилова, 55/7, тел. 135-63-49.

Наложенным платежом журнал высылается при заказе по адресу: 103012, Москва, К-12, Центр, Большой Черкасский пер., д. 2/10, тел. 221-57-26. Центральная контора «Академкнига».

Фермент на службе онкологии

Г. Д. Кобринский



Григорий Дмитриевич Кобринский, доктор медицинских наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательской лаборатории экспериментальной иммунобиологии АМН СССР. Иммунолог, биохимик. Занимается изучением ферментов бактерий.

Используя достижения хирургии, радиологии и химиотерапии, врачи в борьбе с онкологическими заболеваниями смогли достичь определенного прогресса. Не последнюю роль в этом сыграло и улучшение методов диагностики опухолей, а также способы их предупреждения. И все же смертность от онкологических заболеваний остается весьма высокой, уступая первое место лишь сердечно-сосудистым заболеваниям.

Любая опухоль может вырасти и из одной клетки. Клетки уже возникшей опухоли могут отрываться от нее, мигрировать по кровеносным и лимфатическим сосудам и дать начало новым опухолям, так называемым метастазам, которые и представляют главную опасность любой опухоли. Вот почему ни операции, ни химио- или радиотерапия не могут полностью гарантировать избавление от опухолей, так как выживание хотя бы одной клетки сохраняет возможность возникновения опухолевых метастазов. Все это заставляет искать новые пути борьбы с опухолями.

Одним из таких весьма перспективных направлений в онкологии следует считать иммунотерапию. Прежде чем перейти к рассказу о ней, следует хотя бы кратко остановиться на иммунологии опухолей.

ИММУНОЛОГИЯ ОПУХОЛЕЙ

Иммунная система любого организма, как известно, настроена на распознавание своих клеток и тканей от «чужих» агентов (антигенов), главным образом белков, попадающих в организм из внешней среды или образующихся в самом организме. Такими чуждыми для организма веществами являются белки вирусов и микробных клеток, токсины бактерий и вообще любые белки, не имеющиеся в самом организме. Главная роль в ликвидации чужеродных клеток принадлежит Т-лимфоцитам¹. При переходе нормальной клетки в злокачественную клетка видоизменяется, в ней появляются новые, чуждые для организма антигены. Иммунная система организма, осуществляющая иммунный «надзор»², должна такие клет-

¹ Т-лимфоциты, В-лимфоциты и макрофаги (А-клетки) — три основных класса клеток, определяющих иммунный процесс. Подробнее см.: Галактионов В. П. — «Природа», 1975, № 12, с. 20; Петров Р. В., Хаитов Р. М. — «Природа», 1976, № 12, с. 28.

² Понятие иммунного надзора было введено Ф. Бернетом, автором клонально-селекционной теории иммунитета.

ки быстро распознать и уничтожить их. Если же опухолевая клетка продолжает размножаться и образует опухоль, это свидетельствует о нарушении функции иммунного надзора в организме.

Почему же возникают опухоли? Хорошо известно, что иммунный ответ организма может быть разным по силе и зависит главным образом от вызывающих его чужеродных антигенов. Антигены, связанные с опухолевым перерождением клеток, принадлежат в большинстве случаев к слабым антигенам и не вызывают достаточно сильного иммунного ответа. Кроме того, сама опухоль в той или иной степени блокирует иммунные реакции организма, направленные на ее ликвидацию. Происходит это не только при росте опухоли, но и при ее распаде. Быстрорастущие опухолевые клетки распадаются, вызывая при этом интоксикацию организма, что, в свою очередь, угнетает его иммунную систему.

В последнее время получены веские доказательства, что для предотвращения развития опухолей важна нормальная работа иммунной системы. Известно, что все вещества, индуцирующие рост опухолей (включая и химические канцерогены), угнетают иммунную систему. Замечено также, что опухоли чаще возникают в раннем детском возрасте и у стариков, т. е. тогда, когда иммунная система организма функционирует недостаточно активно: у детей она недоразвита, а у людей пожилого возраста — ослаблена.

Так, у лиц с врожденными иммунодефицитными состояниями злокачественные опухоли возникают в 10 тыс. раз чаще, чем у людей с нормальным иммунным статусом. Интересные данные получены при наблюдении больных после трансплантации различных органов (сердца, почек). В частности, у 6 тыс. пациентов, проживших более двух лет после пересадки им почки и получавших лекарства, подавляющие иммунную систему организма (так называемые иммунодепрессанты), лимфома развивалась в 35 раз чаще, а ретикулоклеточная саркома — в 350 раз чаще по сравнению с нормальными людьми. Рак кожи губы у таких людей появлялся в 4 раза чаще, а другие виды рака — в 2,5 раза чаще, чем у здоровых. Имеются данные, что риск развития опухолей у лиц с пересаженными почками в 80 раз больше, чем у нормальных людей³.

ИММУНОТЕРАПИЯ ОПУХОЛЕЙ

Роль иммунного «надзора» в предупреждении развития опухолей и послужила стимулом для развития новых направлений в борьбе с опухолями. Одним из них является использование для лечения новообразований активной специфической иммунотерапии. Идея его заключается во введении онкологическим больным их же собственных опухолевых клеток или опухолевых клеток из других источников, но общих по антигенному составу. Цель такого введения — усилить специфические иммунные реакции организма, направленные против клеток собственной опухоли. Клетки опухолей можно вводить с адьювантами — веществами, усиливающими антигенное начало и таким образом повышающими иммунные реакции организма. При этом полагают, что организм будет бороться не только с клетками первичной опухоли, но — что во много раз важнее — с ее метастазами, рассеянными по всему организму и потому практически недоступными для терапии. Понятно, что для иммунизации надо использовать убитые клетки. Это не отразится на их антигенном строении, но исключит возможность появления новых метастазов.

Мысль усилить иммунный ответ организма, специфически направленный против собственных опухолевых клеток, казалась весьма плодотворной. Однако успехи в этом направлении были небольшие, пока в 1967 г. впервые не применили фермент нейраминидазу⁴.

Группа исследователей под руководством Дж. Линдемана работала на мышах с клетками асцитной опухоли Эрлиха. Обычно введение этих клеток мышам приводит к возникновению опухолей и гибели животных. И вот оказалось, что мыши, которым ввели клетки опухоли, обработанные нейраминидазой, не только не заболели, но и были невосприимчивыми к последующему введению больших доз опухолевых клеток, не обработанных этим ферментом. В крови опытных животных было обнаружено большое количество противопухолевых антител.

Другая исследовательница Б. Санфорд работала с аденокарциномой Хаушки ТАЗ, клетки которой вызывают у мышей

³ Gatti R. A., Good R. A. — «Cancer», 1971, v. 28, p. 89; Penn J., Stiersl T. E. — «Transpl. Today», 1973, v. 2, p. 943.

⁴ Lindeman J. et al. Recent advances in cancer research. B., 1967, v. 9, p. 66; Sanford B. H. — «Transplantation», 1967, v. 5, p. 1273.

опухоли грудных желез. Одной группе животных внутрибрюшинно вводили по 30 тыс. опухолевых клеток, обработанных нейраминидазой (90—95% таких клеток после действия на них фермента оставались жизнеспособными). Действие самой нейраминидазы проверяли на другой группе животных, которым фермент вводили внутривенно через 48 час. в течение 10 дней. Токсического действия при этом не отмечали. Другой контрольной группе вводили внутрибрюшинно 30 тыс. опухолевых клеток, необработанных нейраминидазой. Все животные наблюдались в течение 60 дней. Оказалось, что в контрольной группе погибло 56% мышей, а в подопытной, той, которой ввели клетки опухоли, обработанные нейраминидазой, погибло только 6% животных.

Эти эксперименты послужили началом многочисленных исследований влияния фермента на рост опухолей. Но прежде чем перейти к рассказу о них, остановимся на самом ферменте — нейраминидазе.

ФЕРМЕНТ НЕЙРАМИНИДАЗА

Нейраминидаза, или сиалидаза, в соответствии с недавно принятой классификацией ферментов⁵ — мукополисахарид — N - ацетилнейраминилгидролаза (КФ. 3. 2.1.18) относится к группе гидролаз. Избирательно гидролизует субстраты, содержащие N-ацилнейраминовые кислоты, связанные с субстратом α -кетозидными связями. Нейраминидаза впервые была обнаружена в 1947 г. Ф. Бернетом в фильтрах

культур холерных вибрионов и в том же году другим австралийским исследователем Дж. Маккри в фильтрах культур возбудителей газовой гангрены.

В 1957 г. А. Готтшалк впервые получил этот фермент в очищенном виде и исследовал его каталитическую активность. В дальнейшем нейраминидаза была обнаружена у ряда других бактерий, у вирусов, простейших и позвоночных животных. Действие всех нейраминидаз направлено на отщепление от макромолекул сиаловых кислот.

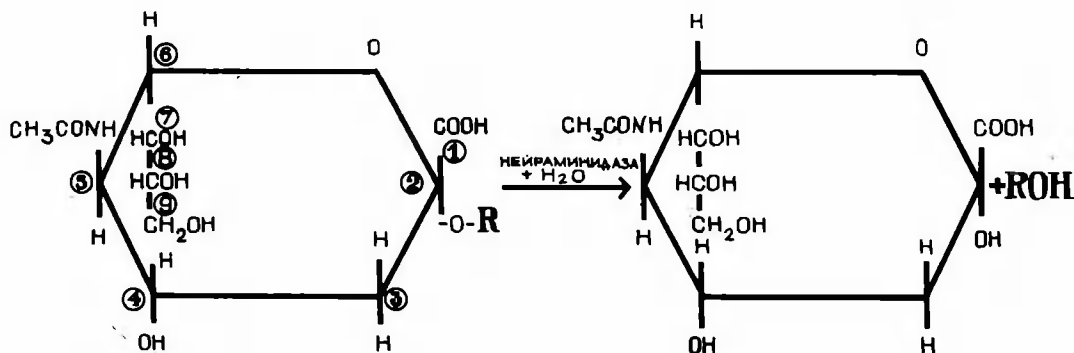
Сиаловые, или ацилнейраминовые, кислоты представляют собой N-ацильные производные нейраминовой кислоты. В свободном состоянии в природе не встречаются. Они обнаружены в тканях людей и животных, а также у некоторых бактерий. У растений эти соединения не найдены. Сиаловые кислоты расположены преимущественно на концах цепей молекул олигосахаридов сиалогликопротеинов, что во многом и обуславливает их биологическую роль.

Несмотря на столь широкое распространение, о функциях сиаловых кислот известно сравнительно немного. Но даже то, что мы знаем, весьма примечательно. Например, показано, что эти соединения, находящиеся на поверхности клеток, в определенной степени ответственны за способность клеток слипаться друг с другом. Удаление сиаловых кислот с поверхности макромолекул гликопротеинов плазмы крови, несущих важные биологические функции, ведет к быстрому исчезновению этих белков из кровяного русла. То же самое происходит и при десалинизации эритроцитов и тромбоцитов. Активность ряда гормонов и ферментов обусловлена входящими в их состав сиаловыми кислотами. Имеются данные, позволяющие считать, что эти соединения определяют электрический заряд и структурную устойчивость клеток, на поверхности которых они расположены.

Функции сиаловых кислот

1. Ускоряют слипание клеток
2. Обуславливают активность ряда гормонов и ферментов
3. Создают отрицательный заряд на поверхности клеток
4. Способствуют сохранению в крови гликопротеинов и ферментных элементов крови

⁵ Согласно принятой в 1961 г. в Москве V Международным биохимическим конгрессом классификации ферментов, все они по типу катализируемой реакции делятся на шесть главных классов. Каждый фермент имеет свой шифр, состоящий из четырех чисел, разделенных точками. Первое число определяет главный класс, второе указывает подкласс, третье — подподкласс, четвертое — номер фермента в пределах подподкласса. Шифр нейраминидазы — КФ. 3.2.1.18 — означает, что данный фермент отнесен к 3-му главному классу (классу гидролаз), 2-му подклассу, 1-му подподклассу и занимает в последнем порядковый номер 18. Принято также две параллельных номенклатуры ферментов: систематическая и тривиальная. Систематическое название составляется из двух частей. Первая часть указывает название субстрата, вторая, с окончанием «аза», характеризует катализируемую ферментом реакцию (для нашего фермента: мукополисахарид - N - ацетилнейраминил-гидролаза, тривиальное же название — нейраминидаза (сиалидаза)).



Гидролитическое отщепление нейраминидазой N-ацилнейраминной кислоты. R — макромолекула, связанная с N-ацилнейраминной кислотой; арабскими цифрами обозначены порядковые номера углеродных атомов.

Более длинный перечень свойств этих соединений выходит за рамки настоящей статьи. Нам же следует сосредоточить внимание на сиаловых кислотах, расположенных на поверхности мембраны опухолевых клеток. Именно здесь находятся чужеродные антигены, связанные со злокачественным перерождением нормальных клеток. Сиаловые кислоты, по всей видимости, маскируют такие антигены, защищая их от действия иммунной системы организма. Следовательно, удаление сиаловых кислот должно привести к повышению антигенности злокачественных клеток. Такой вывод сделали исследователи, впервые применившие нейраминидазу в экспериментальной онкологии.

Как известно, легче всего можно удалить сиаловые кислоты с поверхности клеток, обработав их нейраминидазой.

Обычно для этого используют нейраминидазу, синтезируемую холерными вибрионами, хотя этот фермент вырабатывают и другие бактерии, а также вирусы и простейшие. Все нейраминидазы отличаются друг от друга по ряду признаков субстратной специфичности, молекулярному весу, оптимальному pH и пр.

Сиаловые кислоты могут быть связаны с различными углеродными атомами макромолекул, например (2→3, 2→4, 2→6, 2→8). Оказалось, что различные нейраминидазы действуют на эти связи неодинаково. Так, нейраминидаза вируса болезни Ньюкастла может отщеплять сиаловые кислоты, связанные с атомами углерода по типу 2→3 или 2→8. Нейраминидаза вируса чумы птиц действует только на связи 2→3 (см. таблицу). Нейраминидаза же холерных вибрионов, так же как и нейраминидаза возбудителей газовой гангрены, действует на все виды связей сиаловых кислот. Однако для получения того же эффекта ферменту возбудителей газовой гангрены требуется значительно больше времени. Универсальность и быстрота действия на разные виды связей сиаловых

Действие (+) нейраминидаз на различные связи сиаловых кислот с другими макромолекулами

Номера углеродных атомов, участвующих в образовании связи сиаловых кислот с другими молекулами

Нейраминидазы

	холерного вибриона	вируса болезни Ньюкастла	Вируса чумы птиц
2→3	+	+	+
2→4	+	—	—
2→6	+	—	—
2→8	+	+	—

кислот; да еще сравнительная легкость выделения и очистки делают нейраминидазу холерных вибрионов наиболее пригодной для использования в экспериментальной онкологии, а также в других областях биологии и медицины (иммунологии, вирусологии, аналитической химии и пр.).

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРАМИНИДАЗЫ В ОПЫТАХ НА ЖИВОТНЫХ

Опыты по влиянию нейраминидазы на трансплантацию опухолевых клеток, впервые проведенные Б. Санфорд и Дж. Линдеманом с сотрудниками, были затем повторены и продолжены другими исследователями на различного вида опухолях. При этом действие нейраминидазы изучали при трансплантации опухолевых клеток различным животным.

Другая серия экспериментов была выполнена на животных, уже имевших опухоли. Наиболее интересны в этом плане работы американских исследователей — Р. Симмонса и его коллег⁶. Эти авторы работали с двумя видами фибросарком мышей: МС-42 и МС-43, которые вначале были индуцированы у этих животных химическим канцерогеном — 3-метилхолантреном, а затем перевивались от одних мышей к другим. Эти две опухоли были антигенно разнородны, и иммунизация мышей клетками опухоли МС-42 не предохраняла их от опухолеродного действия клеток МС-43 и наоборот. В то же время иммунизация животных каждой из этих фибросарком защищала от последующего опухолеродного действия клеток той же опухоли.

Животным, имевшим опухоли МС-42 или МС-43, дополнительно вводили клетки этих опухолей, предварительно обработанных нейраминидазой. Введение таких клеток вызывало полную или частичную регрессию уже имевшихся опухолей. Клетки опухоли, обработанные инaktivированным ферментом, такого эффекта не давали. Таким образом, было доказано, что регрессия клеток опухоли была вызвана ферментативной активностью нейраминидазы. Добавление к смеси опухолевых клеток и фермента сиаловых кислот прекращало действие нейраминидазы. Это также подтверждало правильность сделан-

ного вывода. Но самое главное в этих опытах заключалось в доказательстве необходимости антигенного сходства, а, следовательно, и иммунологической специфичности растущих и вводимых опухолевых клеток. Оказалось, что введение обработанных нейраминидазой клеток опухоли МС-42 было эффективно только у мышей, имевших аналогичные опухоли, но не давало результата при введении таких клеток мышам с опухолью МС-43 и наоборот. Еще более усиливалась способность к регрессии опухолей у животных, если наряду с введением обработанных нейраминидазой опухолевых клеток мыши получали вакцину БЦЖ, являющуюся, как известно, неспецифическим стимулятором иммунитета.

В дальнейшем при изучении зависимости иммунотерапевтического влияния обработанных нейраминидазой клеток от величины опухолей животных было показано, что чем меньше масса самой опухоли, тем эффективнее действие фермента. Предварительное удаление части опухоли в опытах на животных оказывалось весьма полезным.

Все эксперименты, о которых до сих пор шла речь, были выполнены на животных, у которых опухоли вызывались введением им опухолевых клеток. Однако в жизни ни животные, ни люди друг от друга раком или другими видами опухолей заразиться не могут. Гораздо реальнее ситуации, когда опухоли возникают под влиянием условий окружающей среды, а конкретнее — при действии каких-либо канцерогенов. Классическим примером тому служит рак мошонки у трубочистов в Англии или повышение заболеваемости лейкозом среди 18 тыс. японцев, оставшихся в живых, но облученных во время взрыва атомной бомбы в Хиросиме, и пр.

Эти соображения побудили советских исследователей изучить действие нейраминидазы не на перевивных, а на индуцированных опухолях. Такие опыты были проведены в Научно-исследовательской лаборатории экспериментальной иммунобиологии АМН СССР под руководством В. Д. Соловьева и И. Н. Майского⁷. Индуктором опухолей у животных (мышей линии СВА) служил диметилбенз-антрацен. Под влиянием этого канцерогена у животных возникали саркомы. Ока-

⁶ Simmons R. L. et al. — «Science», 1971, v. 174, p. 591.

⁷ Майский И. Н., Айрапетян Г. П., Кобринский Г. Д., Гудкова Р. Б., Соловьев В. Д. — «Бюлл. эксперим. биол. и медицины», 1977, т. 84, № 12, с. 714.

залось, что как введение нейраминидазы в саму опухоль, так и внутрибрюшинное введение обработанных этим ферментом сингенных⁸ клеток индуцированной опухоли вызывало у животных или торможение роста опухолей или их регрессию. Наиболее эффективным оказалось сочетание обоих методов.

Однако применение нейраминидазы для лечения опухолей животных не всегда было успешным. Иногда фермент не оказывал никакого действия. Как показал опыт работы с нейраминидазой, при работе с этим ферментом следует соблюдать ряд условий.

Во-первых, весьма важно количество клеток, обрабатываемых ферментом и затем вводимых животным. Для каждого типа опухоли существуют свои оптимальные дозировки клеток. Эти дозы зависят также от вида экспериментальных животных, от окружающих условий и пр. Слишком большие дозы опухолевых клеток могут вызвать иммунологический паралич и даже усилить рост опухоли.

Во-вторых, существенно количество самого фермента, поскольку большие дозы (например, 250 ед. на 1 мл и выше) токсичны для клеток. Весьма важны и условия действия нейраминидазы. Так, усиление иммуногенности клеток строго зависит от ферментативной активности нейраминидазы, оптимальной температуры, pH и пр.

В целом, для успешного использования нейраминидазы в иммунотерапии опухолей необходимо соблюдать следующие условия:

опухолевые клетки, используемые для вакцинации, должны быть идентичны клеткам растущей опухоли (так как введение антигенно различных клеток неэффективно) и иметь нужную дозировку;

нейраминидаза, используемая для обработки клеток, должна обладать достаточной ферментативной активностью;

действие фермента эффективнее при небольшой массе опухоли, поэтому полезно предварительное хирургическое

вмешательство; лечение химио- или радиотерапией следует применять с осторожностью, поскольку они могут снижать иммунореактивность организма.

НЕЙРАМИНИДАЗА В ЛЕЧЕНИИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ

Нейраминидаза впервые была применена в клинике в 1972 г.⁹ для лечения запущенных форм меланом у 22 больных. Однако полученные результаты трудно оценить, так как предварительно все больные получали вакцину БЦЖ. К тому времени, когда им стали вводить клетки их опухолей, обработанные нейраминидазой, в живых осталось только 7 человек, у 4 из которых опухоли регрессировали еще до применения фермента.

Затем эта методика была использована Ф. Розато с сотрудниками для лечения больных с различными типами новообразований, когда обычные методы лечения уже не помогали. Больным вводились клетки их же собственных опухолей, полученные путем хирургических операций. Из 25 больных осталось в живых 13, шесть из которых проделали наиболее полный курс иммунотерапии (6 инъекций в течение 6 мес.). Остальные больные получили меньший курс инъекций.

И хотя сами авторы считают, что ими получены обнадеживающие результаты, их весьма трудно оценить по ряду причин. Прежде всего, препарат испытывали на больных с запущенными видами опухолей, которым обычные виды лечения уже не помогали. Мешает оценке действия нейраминидазы и то, что ее применяли на больных с различными видами новообразований. Есть еще ряд моментов, которые не были приняты во внимание (дозировка клеток, схема вакцинации). Однако, несмотря на все эти недостатки, ни в коем случае нельзя пропустить главное: первые попытки применения нейраминидазы в клинике сделаны, и они в общем принесли обнадеживающие результаты.

В 1976 г. появились сообщения Дж. Бекези с соавторами относительно лечения нейраминидазой острой миелоидной лейкемии у людей. У больных лейкемией, ранее не лечившихся, выделяли лейкемические клетки и обрабатывали их

⁸ Сингенными, или изогенными, называются генетически идентичные животные. Они имеют одинаковый набор антигенов, и все органы и ткани одного из них могут быть пересажены другому без всякой иммунной реакции на них со стороны последнего. Такие высокоинбредные линии животных выводят и поддерживают путем длительных скрещиваний (между сестрами и братьями). Для людей примером сингенных организмов служат однояйцевые близнецы.

⁹ Seigler M. et al. — «Surgery», 1972, v. 1, p. 162; Rosato F. E. et al. — «Surgery, Gynecology and Obstetrics», 1974, v. 139, p. 675.

нейраминидазой. Затем эти клетки вводили внутрикожно тем же больным — каждому больному его же собственные клетки. Одновременно проводилась химиотерапия больных. Из 27 больных, подвергшихся иммунотерапии, у 22 наступила ремиссия (улучшение в состоянии здоровья), которая длилась не менее 65—170 недель (срок наблюдения). У остальных 5 человек ремиссия длилась от 30 до 81 недели, после чего вновь наступило обострение заболевания. В контрольной группе из 25 человек, получавших только обычные лекарства, средняя продолжительность ремиссии составляла 20 недель. Более того, у больных, прошедших курс иммунотерапии, вызвать повторение ремиссии впоследствии оказалось значительно легче, чем у больных, получавших только обычные лекарства. К этому следует добавить, что смертность больных в группе, получавшей иммуно- и химиотерапию, оказалась ниже (5 из 27 человек, или около 19%), чем в контрольной группе, получившей только химиотерапевтические средства (20 человек из 28, или около 71%).

Таким образом, первые попытки использования нейраминидазы в клинике для лечения злокачественных новообразований и болезней крови людей дали обнадеживающие результаты. Они позволяют надеяться, что применение нейраминидазы в клинике может привести к определенному прогрессу в лечении опухолей. Однако для этого предварительно необходимо уточнение ряда моментов: схем вакцинации форм и стадий онкологических заболеваний, при которых наиболее целесообразно использовать фермент, необходимость применения иммуностимуляторов, эффективность проведения комплексного лечения и пр.

МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ НЕЙРАМИНИДАЗЫ

В первые годы изучения влияния нейраминидазы на клетки действие ее на усиление иммунных реакций организма связывали с понижением отрицательного заряда клеточной поверхности, который обусловлен, главным образом, сиаловыми кислотами. Снижение заряда, в свою очередь, уменьшает структурную жесткость поверхности клеток и в целом облегчает контакт клеток с иммунокомпетентными клетками организма. Помимо этого, сиаловые кислоты могут оказывать и пространственные помехи контакту антигенов

клеточной поверхности с клетками иммунной системы организма (например, с Т-лимфоцитами). И, наконец, самое главное: полагали, что удаление сиаловых кислот ведет к демаскировке антигенов клеточной поверхности, их раскрытию для последующего распознавания иммунной системой организма.

Однако в 1974 г. работами Х. Седлачека и других авторов была доказана способность нейраминидазы прикрепляться к клеточной поверхности и оставаться с ней связанной. Этот важный факт побудил многих исследователей рассматривать нейраминидазу как гаптен (вещество, определяющее специфичность всей молекулы только в соединении с молекулой белка), или адъювант. В первом случае фермент способствует изменению антигенной структуры поверхности клеток, во втором усиливает действие чужеродных (слабых) антигенов этой поверхности. В обоих случаях это должно усилить иммунный ответ организма. В настоящее время еще нет четкого представления о механизме действия нейраминидазы. Расшифровка этого процесса поможет более эффективному использованию фермента в науке и практике. Однако сегодня мы можем считать применение нейраминидазы в онкологических клиниках весьма многообещающим.

В нашей стране использование нейраминидазы в экспериментальной и клинической онкологии некоторое время сдерживалось отсутствием отечественных препаратов этого фермента. Однако в последние годы сотрудниками Научно-исследовательской лаборатории экспериментальной иммунобиологии АМН СССР и Института высокомолекулярных соединений АН СССР был предложен новый, весьма продуктивный способ выделения и очистки этого фермента из фильтратов культур холерных вибрионов¹⁰. На основе этого метода горьковским Институтом эпидемиологии и микробиологии Минздрава РСФСР разработан промышленный способ получения препаратов нейраминидазы. Можно надеяться, что в скором времени выпуск этого фермента начнется, и это позволит удовлетворить потребности в нейраминидазе как научных, так и практических работников нашей страны.

¹⁰ Авторское свидетельство № 524376. Бюллетень открытий, изобретений, промышленных образцы, товарные знаки, 1976, № 23.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИММУНОТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ОНКОЛОГИИ

Для лечения злокачественных опухолей могут быть использованы и другие методы иммунотерапии. Так, были сделаны попытки приготовления и введения онкологическим больным сывороток крови с высоким содержанием противоопухолевых антител или проведения так называемой адоптивной иммунотерапии¹¹. Однако особого эффекта при использовании этих методов добиться не удалось. Поэтому в борьбе со злокачественными новообразованиями весьма перспективным представляется развитие методов активной неспецифической иммунотерапии. Речь идет о применении в онкологии иммунологических адьювантов. Работы в этом направлении проводятся не один год. Особенно много данных накопилось по использованию вакцины БЦЖ. Однако полученные результаты оказались довольно противоречивыми, что, по мнению многих исследователей, связано с различиями в применяемых дозировках этой вакцины.

Совсем недавно начались весьма многообещающие исследования по применению для активной неспецифической иммунотерапии опухолей препаратов интерферона.

Интерферон — это белок, открытый в 1957 г. английскими исследователями А. Айзексом и Дж. Линдеманом. Он вырабатывается клетками в ответ на введение вирусов или других веществ, так называемых интерферогенов. Интерферон вызывает выработку в клетках антивирусного белка и тем самым защищает их от патогенного (болезнетворного) действия вирусов. Интерферон, как известно, широко используют для предупреждения и лечения вирусных инфекций, особенно в периоды эпидемий гриппа. Его противовирусное действие навело исследователей на мысль применить этот препарат и для борьбы с опухолями, так как вирусы в индукции опухолей, по-видимому, имеют решающее значение.

Положительные результаты при лечении опухолей были получены после

того, как в Финляндии и Советском Союзе впервые удалось получить препараты высокоочищенного и концентрированного интерферона, который можно было бы вводить путем инъекций. Преимущество интерферона перед вакциной БЦЖ состоит в том, что интерферон в большей степени оказывает терапевтическое действие, тогда как вакцина БЦЖ наиболее эффективна как профилактическое средство. Изучение и применение высокоочищенного и концентрированного интерферона в терапии вирусных и онкогенных заболеваний, к сожалению, во многом тормозится его дороговизной и ограниченным количеством исходного материала, поскольку этот препарат получают главным образом из клеток крови доноров. Но еще большим тормозом является недостаточное понимание большой будущности этого препарата. На наш взгляд, у нас в стране возможно быстро и намного увеличить производство интерферона. Для этого нужно лишь затратить сравнительно небольшие организационные усилия. Хочется надеяться, что в скором времени это будет сделано, и наша медицина сможет широко и плодотворно изучать и применять этот препарат.

Совсем недавно в литературе появились сведения о новых мощных иммуностимуляторах. Речь идет о полиэлектролитах: поли-4-винилпиридине и полиакриловой кислоте. По мнению авторов, эти вещества стимулируют миграцию Т- и В-лимфоцитов. Опыты на животных показали, что полиэлектролиты резко повышают иммунный ответ организма и, что весьма примечательно, могут усиливать и замещать функции Т-лимфоцитов — основных факторов борьбы с опухолями. Из сказанного ясно, насколько многообещающим может стать применение таких веществ в лечении опухолей, а также и других заболеваний, где необходимо усилить иммунные процессы. В принципе, такие иммуностимуляторы могут быть использованы и профилактически. Например, после удаления первичной опухоли (в основном у пожилых людей) для предупреждения появления повторных опухолей или метастазов и пр.

Следует надеяться, что развитие иммунотерапевтического направления в борьбе с онкологическими и другими заболеваниями окажется плодотворным и мы получим новые, более эффективные средства для лечения опухолей.

¹¹ Адоптивный, или восприимчивый, иммунитет возникает при пассивном переносе в чужой организм иммунологически компетентных клеток или иммунных факторов (сенсibilизированных лимфоцитов, гуморальных антител).

Эффект Келдыша — Франца и области его применения

А. Н. Георгобиани, Л. Н. Иванов, П. А. Тодуа

До недавнего времени слово «полупроводник» ассоциировалось, в основном, с полупроводниковыми элементами радиоэлектронных приборов и устройств — диодами, транзисторами, интегральными схемами и т. д., действие которых основано на широко известных принципах работы электронно-дырочных переходов. Однако в настоящее время используются не только электрические, но и оптические свойства полупроводников, что существенно расширило области их применения. Это стало возможным благодаря детальным исследованиям физических явлений в полупроводниках, формированию и интенсивному развитию нового направления современной полупроводниковой электроники — оптоэлектроники. Бурное развитие оптоэлектроники отвечает практической необходимости широкого использования оптических сигналов как для изучения важнейших характеристик различных веществ и процессов, так и для применения в оптической связи, телеметрии, других технических областях.

Понятие «оптоэлектроника» охватывает физические явления, связанные с взаимодействием излучения оптического диапазона с веществом, процессы преобразования электрических сигналов в оптические и оптических в электрические, а также приборы, построенные на основе этих явлений. При взаимодействии светового излучения с полупроводниками возникают такие хорошо известные эффекты как поглощение, отражение, преломление и рассеяние света, люминесценция и изменение поляризации прошедшей световой волны. Все эти эффекты проявляют довольно сложную зависимость от внешних электрических и магнитных полей. Одним из наиболее ярких примеров такой зависимости может служить эффект Келдыша — Франца, заключающийся в смещении края полосы собственного поглощения полупроводника при приложении к нему сильного электрического поля.

Как известно, одной из важнейших характеристик полупроводника является ширина запрещенной зоны E_g , т. е. диапа-

зон энергий, запрещенных, согласно правилам квантовой механики, для электронов кристаллической решетки полупроводника. Запрещенная зона лежит между валентной зоной, заполненной электронами, и зоной проводимости, в которую электроны могут попадать из валентной зоны при поглощении квантов электромагнитного излучения, если энергия квантов $h\nu \geq E_g$. Таким образом, для ряда полупроводников такое поглощение, называемое собственным поглощением света в веществе, резко возрастает при некоторой частоте падающего излучения, т. е. обладает довольно резкой границей при энергии фотонов, соответствующих величине E_g . В 1958 г. Л. В. Келдыш в СССР и В. Франц в ФРГ независимо друг от друга теоретически исследовали положение края полосы собственного поглощения света в полупроводнике, помещенном в сильное электрическое поле, и показали, что электрическое поле смещает край полосы собственного поглощения в область меньших энергий¹. При этом резкая граница поглощения приобретает вид плавно меняющейся экспоненты (на языке специалистов это утверждение выглядит более экзотично: со стороны длинноволнового края полосы поглощения появляется экспоненциально спадающий хвост). В области энергий фотонов $h\nu > E_g$ при наличии электрического поля величина поглощения осциллирует при увеличении энергии падающих на полупроводник фотонов. Изменение поглощения для напряженности электрического поля порядка 10^4 — 10^5 В/см весьма значительно, и его можно наблюдать экспериментально.

Как объяснить изменение поглощения света полупроводником в электрическом поле? Теоретический анализ показывает, что действие однородного электрического поля на полупроводник можно моделировать наклоном энергетических

¹ Келдыш Л. В. — «ЖЭТФ», 1958, т. 34, с. 1138; Franz W. — «Z. Naturforsch», 1958, B. 13a, S. 484.



Анатолий Неофитович Георгобиани, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий сектором люминесцентной оптоэлектроники Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР. Основные научные интересы связаны с изучением оптических процессов в полупроводниках (в центре).

Павел Андреевич Тодуа, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института метрологической службы Госстандарта СССР. Основные научные интересы связаны с физической оптоэлектроникой и ее применением в метрологии.

Леонид Николаевич Иванов, аспирант Московского физико-технического института. Занимается изучением электрофизических и оптических свойств полупроводников и их применением в метрологии высоковольтных измерений (справа).

зон при сохранении их формы. В этом случае электрон из валентной зоны может перейти в зону проводимости либо в результате поглощения фотона с энергией $h\nu \geq E_g$, либо в результате туннелирования сквозь потенциальный барьер треугольной формы. Высота барьера равна ширине запрещенной зоны E_g , а толщина d определяется следующим выражением:

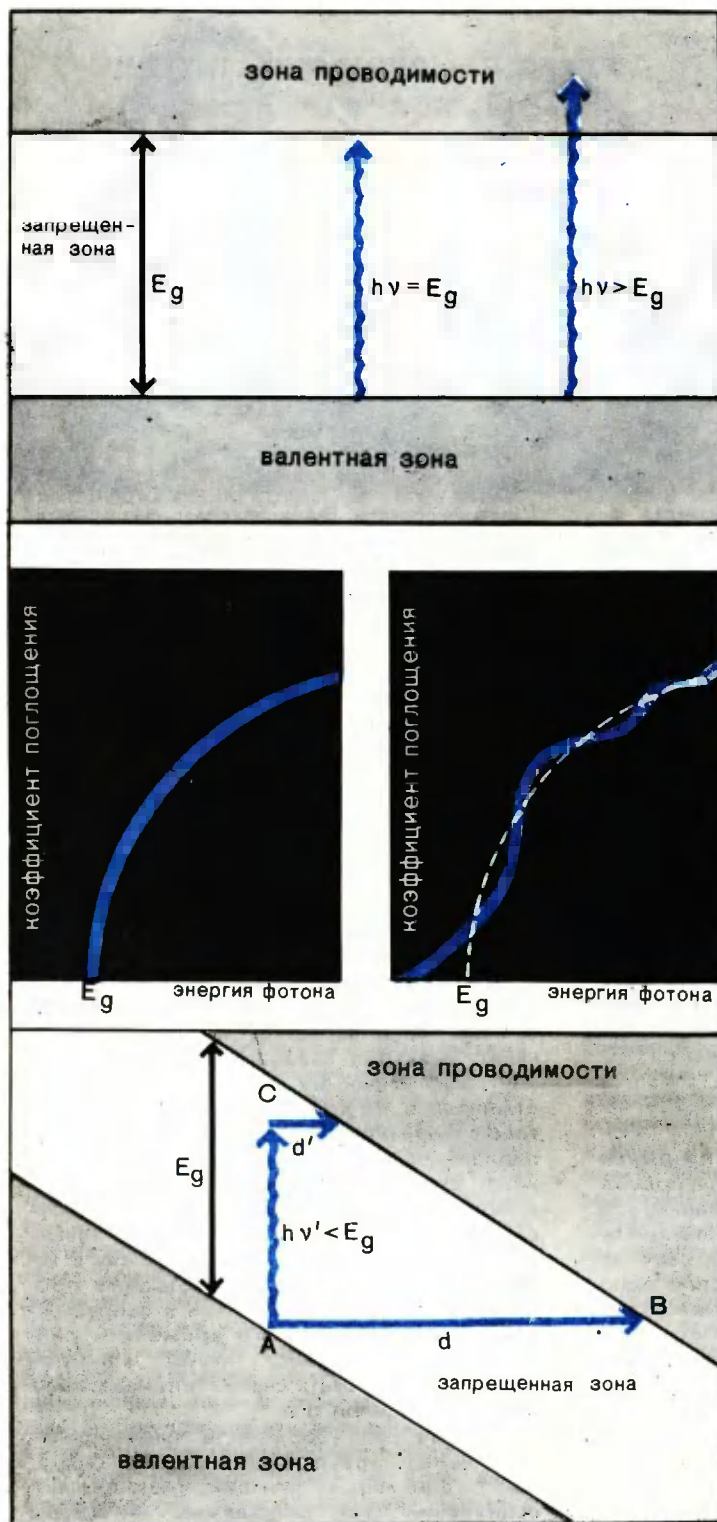
$$d = \frac{E_g}{eF},$$

где e — заряд электрона, F — напряженность электрического поля в полупроводнике. (Напомним, что туннелирование, т. е. «просачивание» частиц сквозь потенциальные барьеры — это сугубо квантовое явление, связанное с невозможностью одновременно точно определить кинетическую и потенциальную энергию частицы.) Вероятность туннелирования и, следовательно, доля протуннелировавших электронов зависит от толщины барьера d ; для представленной нами картины это очень небольшая величина. Но она значительно возрастает, если электрон поглощает квант света с энергией $h\nu < E_g$, а потом уже

туннелирует в зону проводимости через барьер толщиной $d' < d$.

С другой стороны, возрастание вероятности туннелирования при уменьшении толщины потенциального барьера и приводит к возможности поглощения электроном кванта света с энергией $h\nu < E_g$. Действительно, поглощая такой квант, электрон оказывается в запрещенной энергетической зоне, что, как уже отмечалось, не допускается законами квантовой механики. Однако в связи с принципиальной невозможностью одновременного точного определения кинетической и потенциальной энергии электрона (обусловливающей и квантовый эффект туннелирования) электрону «разрешается» в течение некоторого очень небольшого промежутка времени находиться в запрещенной зоне. Как раз этого времени и оказывается достаточно, чтобы электрон успел туннелировать сквозь потенциальный барьер толщиной d' .

В теории вероятности туннелирования через треугольный барьер выражается с помощью функций, имеющих вид осцилляций (так называемые интегралы



Зонная структура полупроводника. E_g — ширина запрещенной зоны. Из валентной зоны электрон может попасть в зону проводимости в результате поглощения кванта света с энергией $h\nu > E_g$.

Зависимость коэффициента поглощения от энергии падающих на полупроводник фотонов. При $h\nu = E_g$ существует резкая граница полосы поглощения.

При включении сильного электрического поля край полосы поглощения смещается в область меньших энергий фотонов; резкая граница полосы поглощения исчезает. Величина поглощения осциллирует с увеличением энергии фотонов.

Действие электрического поля на полупроводник можно моделировать наклоном энергетических зон. В этом случае электрон может попасть из валентной зоны в зону проводимости либо в результате поглощения фотона с энергией $h\nu > E_g$, либо в результате туннелирования сквозь треугольный потенциальный барьер ABC толщиной d . Эффект Келдыша — Франца возникает при поглощении электроном фотона с энергией $h\nu < E_g$ и последующем туннелировании сквозь потенциальный барьер толщиной $d' < d$.

Эйри); это приводит к появлению осциллирующей компоненты в выражении для зависимости коэффициента поглощения от энергии фотона.

Для количественной оценки эффекта Келдыша — Франца исходят из волнового уравнения для электрона с учетом потенциальной энергии, вносимой внешним электрическим полем. Затем определяется вероятность оптического перехода для этого электрона и выводится зависимость между коэффициентом поглощения и напряженностью электрического поля².

Экспериментально эффект Келдыша — Франца впервые был обнаружен в 1959—1960 гг. в кремнии и сульфиде кадмия и проявился как сдвиг края полосы поглощения в сторону меньших энергий фотонов³. Аналогичные измерения были позже выполнены на арсениде галлия и германии⁴, а затем и на других полупроводниках. Были проведены также исследования отражения света от поверхности полупроводника в электрическом поле, которые показали зависимость коэффициента отражения от величины электрического поля в образце⁵. Это не удивительно, так как коэффициенты поглощения и отражения не являются независимыми (они связаны между собой соотношениями Крамерса — Кронига), и изменение поглощения в электрическом поле влечет за собой изменение коэффициента отражения. Эффекты изменения поглощения и отражения света в электрическом поле стали по мере их изучения серьезным методом эксперимента при исследовании основных свойств полупроводников.

ЭФФЕКТ КЕЛДЫША — ФРАНЦА В МОДУЛЯЦИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

В последние два десятилетия исследованию оптических свойств полупроводников было посвящено большое число работ, позволивших получить надежные сведения о физических свойствах различ-

ных материалов. Большинство свойств полупроводников определяется зонной структурой кристаллов. Поэтому исследованию зонной структуры справедливо уделяется большое внимание в физике твердого тела.

Энергетический спектр электронов в кристалле, в отличие от линейчатых спектров свободных атомов, состоит из зон разрешенных энергий, разделенных энергетическими промежутками — запрещенными зонами. Это является результатом сильного взаимодействия атомов в кристаллической решетке твердого тела. Внутреннее строение энергетических зон, их взаимное расположение по шкале энергий зависит от вида атомов, составляющих кристаллическую решетку, от межатомных расстояний, типа кристаллических решеток. Таким образом, каждому полупроводнику отвечает своя модель энергетических зон. Несмотря на значительный прогресс, достигнутый в области теоретических расчетов зонной структуры кристаллов, детали зонной структуры, весьма важные для ее понимания, могут быть окончательно выяснены только при проведении экспериментальных исследований.

Роль оптических и спектроскопических методов исследования зонной структуры твердого тела сегодня уже вполне сравнима с ролью этих методов в атомной физике. Но оптические спектры поглощения и отражения твердых тел имеют, в отличие от резких спектров атомов и молекул, размытую структуру, обусловленную зонным строением энергетического спектра электронов в кристалле. Обычными спектроскопическими методами часто не удается обнаружить слабые, но существенные для понимания свойств кристалла особенности в этих спектрах. Определение же точного положения и характера структурных особенностей в оптических спектрах чрезвычайно важно для интерпретации зонной структуры кристалла. Задача определения и исследования таких особенностей успешно решается методами модуляционной спектроскопии.

При использовании модуляционных методов измеряются не сами оптические спектры поглощения или отражения, а их изменения, вызванные какими-либо внешними периодическими воздействиями, влияющими на оптические константы исследуемого вещества. Допустим, исследуется зависимость коэффициента поглощения α полупроводника от энергии $h\nu$ падающих на образец фотонов. Структура этого спектра (изменение наклона кри-

² Callaway T. — «Phys. Rev.», 1963, v. 130, p. 549.

³ Keldysh L. V. et al. — Proc. Intern. Conf. on Semiconductor Phys., Prague, 1960, p. 824; Williams R. — «Phys. Rev.», 1960, v. 117, p. 1487.

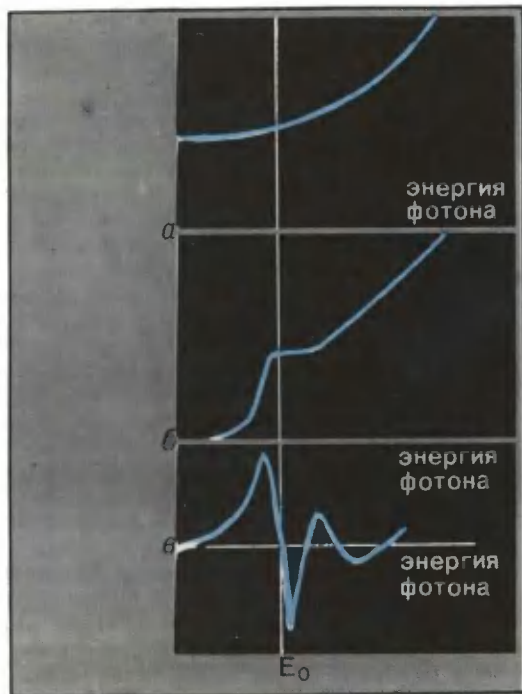
⁴ Moss T. S. — «J. Appl. Phys.», 1961, v. 32, p. 2136; Брицын К. И., Вавилов В. С. — «Физика твердого тела», 1960, т. 2, с. 1937.

⁵ Seraphin B. O. — «J. Appl. Phys.», 1966, v. 37, p. 721.

вой $\alpha(h\nu)$, максимумы и минимумы), отражающая особенности зонной структуры полупроводника, может быть очень плохо различимой (иначе говоря, слабой): кривая, на первый взгляд, будет казаться «гладкой». Это нетрудно понять, если иметь в виду, что выражение для коэффициента поглощения в области структурной особенности спектра E_0 имеет вид

$$\alpha = b + c(h\nu - E_0)^n.$$

Здесь b , c , n — константы, и обычно первое слагаемое существенно больше второго.



Спектры пропускания полупроводника в окрестности «особой точки», т. е. в области локального изменения оптических параметров: а — обычный спектр пропускания, б — первая производная спектра пропускания, полученная методом электромоуляции, в — вторая производная, полученная по подобной методике. Особенности спектра пропускания в первой и, особенно, второй производной становятся резкими и выразительными.

По горизонтальной оси отложена энергия падающих фотонов; по вертикальной — интенсивность и ее производные, E_0 — «особая точка».

Именно поэтому участок кривой $\alpha(h\nu)$ в окрестности точки $E_0 = h\nu$ почти не отличается от участков в соседних точках: она «гладкая». Дифференцирование этой кривой по E_0 приводит к исчезновению константы b ; иными словами, в спектре по-

глощения исключается мощный «фон» и особенность становится заметной.

Как же происходит дифференцирование спектра? С некоторой частотой ω изменяется величина действующего на полупроводник электрического поля E . Как мы убедились, при этом с той же частотой меняется и зонная структура кристалла и, следовательно, поглощение света в полупроводнике: происходит электромоуляция. Использование электромоуляции позволяет измерить изменение коэффициента поглощения $\Delta\alpha$ в 10^6 раз меньшее, чем сама величина α . Плавное изменение энергии падающих на полупроводник фотонов, можно исследовать изменение коэффициента поглощения α во всей области структурной особенности спектра.

Модуляционный метод позволил повысить чувствительность оптических измерений в сотни раз, в результате чего расчеты зонной структуры полупроводников стали производиться на твердой количественной основе.

В настоящее время методы модуляционной спектроскопии распространены на изучение аморфных полупроводников, исследование поверхностных свойств и примесей в полупроводниковых материалах⁶. Ведь именно примеси и характер поверхности во многом определяют основные параметры большинства полупроводниковых приборов, таких как диоды, транзисторы, интегральные схемы и т. д.

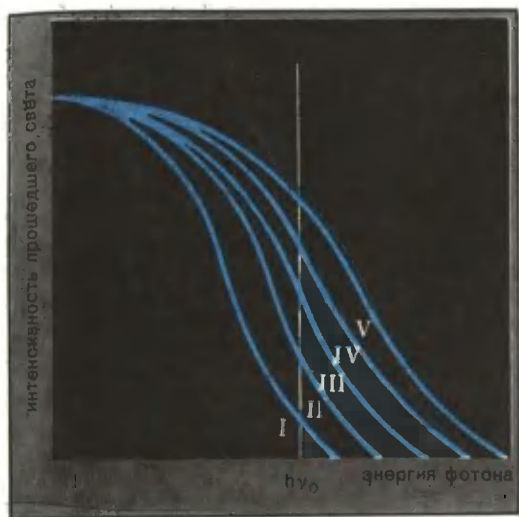
ЭФФЕКТ КЕЛДЫША — ФРАНЦА В ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ МЕТРОЛОГИИ

Новым и, на наш взгляд, многообещающим техническим применением эффекта Келдыша — Франца в полупроводниках является использование его в высоковольтной метрологии⁷. В настоящее время не решена задача точного определения амплитуды и формы быстропеременных высоких напряжений и параметров коротких импульсов высокого напряжения, которые широко используются в ускорительной и лазерной технике, рентгенотехнике, связи. Это вызывает необходимость создания новых, нетрадиционных методов измерения, таких как оптоэлектронные, в основе которых лежит использо-

⁶ Георгобиани А. Н., Маев Р. Г., Озеров Ю. В., Струмбан Э. Е. — «Изв. АН СССР, сер. физич.», 1976, т. 40, с. 1979.

⁷ Иванов Л. Н. — «Труды МФТИ, сер. Общая и молек. физ.», 1977, № 9, с. 126.

вание оптического элемента и оптического канала связи для преобразования и передачи информации об измеряемом напряжении⁸. Схематически оптоэлектронное измерительное устройство можно представить себе следующим образом. Световой поток от источника света попадает на оптически активный элемент, на который подается также измеряемое быстропеременное напряжение. Проходя оптически активный элемент, световой поток модулируется по интенсивности и далее подается в фотоприемник, сигнал с которого,



Пример зависимости интенсивности света, прошедшего через оптически активный элемент, от энергии фотонов для различных напряженностей электрического поля [кривые I—V]. При этом напряженность поля увеличивается с номером кривой.

содержащий информацию об измеряемой величине, фиксируется регистрирующим устройством.

В основе действия активного элемента лежит эффект Келдыша — Франца. Электрическое поле, как мы показали, изменяет оптические константы полупроводника, и интенсивность светового потока, прошедшего через полупроводник, зависит от напряженности этого поля. Таким образом, появляется возможность поставить в соответствие величину измеряемого

напряжения и интенсивность прошедшего через кристалл света. Хотя зависимость выходного сигнала преобразователя от измеряемого напряжения, как правило, нелинейна, нелинейные искажения не зависят от частоты приложенного напряжения, поэтому на выходе устройства возможно скомпенсировать или учесть эту нелинейность. В последнее время детальные исследования эффекта Келдыша — Франца позволили выявить такие полупроводниковые материалы, применение которых в качестве оптически активных элементов в оптоэлектронных измерительных устройствах дает возможность получить линейную зависимость выходного сигнала от величины подаваемого напряжения⁹, что позволяет изучать форму импульсов высокого напряжения без предварительной обработки результатов.

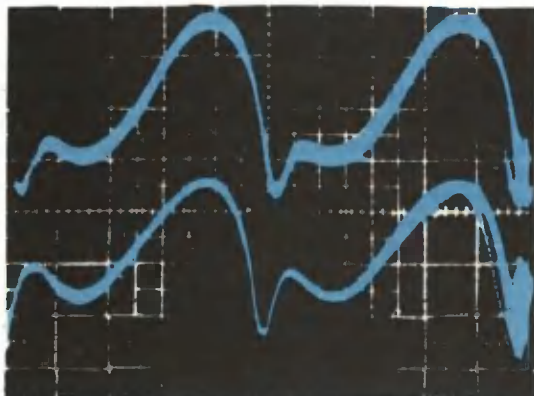
Физический предел временного разрешения оптоэлектронного измерительного устройства определяется временем туннелирования электрона в запрещенную зону полупроводника, и в электрических полях порядка 10^4 В/см составляет 10^{-12} — 10^{-13} с. Эксперименты по изучению поведения арсенида галлия в электрическом поле частотой до 20 ГГц и постоянном электрическом поле показали, что частотная характеристика устройств подобного типа может скорее ограничиваться конструктивными особенностями преобразователя, нежели происходящими в полупроводнике физическими процессами¹⁰.

Важными достоинствами оптоэлектронной измерительной системы являются высокая помехоустойчивость, что очень важно при работе с быстропеременными высоковольтными сигналами, высокое быстродействие, оптическая обработка и передача измерительной информации. Оптическая связь в электронных цепях позволяет осуществить практически полную электрическую развязку входа и выхода системы, согласование высоковольтных цепей с низковольтными, высокоомных с низкоомными, высокочастотных с низкочастотными, что является проблемой для цепей с омической и индуктивными связями. Все эти достоинства оптоэлектронной схемы делают ее наиболее подхо-

⁸ Журавлев Э. Н., Иванов Л. Н., Кузнецов Ю. Н., Репников Е. Ф., Тодуа П. А. — «Изв. АН СССР, сер. Энергетика и транспорт», 1978, № 3, с. 27.

⁹ Берозашвили Ю. Н., Дундуа А. В., Лордкипанидзе Д. Ж. — «Физика твердого тела», 1973, т. 15, с. 895.

¹⁰ Rees H. D. — «Phys. Lett.», 1969, v. 21, p. 629.



Осциллограмма быстрого переменного высокого напряжения, полученная на двухлучевом осциллографе. Одновременно измерялись напряжение с высоковольтного делителя (нижняя кривая) и фототочки приемника на свет, проходящий через активный элемент оптоэлектронного измерительного устройства. Нелинейные искажения сигнала сведены к минимуму специальным выбором полупроводникового материала для активного элемента. Делению горизонтальной шкалы соответствует время 10^{-6} с, делению на вертикальной оси — напряженность поля 2,5 кВ/см.

дядей при измерениях коротких и сверхкоротких импульсов высокого напряжения.

ЭФФЕКТ КЕЛДЫША — ФРАНЦА И МОДУЛЯЦИЯ СВЕТОВЫХ ПОТОКОВ

Важной задачей, решение которой необходимо для эффективного использования преимуществ оптоэлектроники, является модуляция излучения. Без применения модуляции немислимо создание оптоэлектронных аналогов активных и пассивных электрорадиоэлементов — переключателей, переменных сопротивлений, транзисторов, генераторов, которые вместо электрических сигналов оперируют оптическими и которые призваны значительно расширить возможности радиоэлектроники. Разработка систем оптической связи, оптических запоминающих устройств, однородных вычислительных сред для ЭВМ также подразумевает создание быстродействующих оптических модуляторов, способных вводить информацию в световой луч.

Все известные методы модуляции делятся на два класса — внутренняя модуляция, обусловленная процессами, происходящими в источнике излучения, и внешняя, которая осуществляется специальными устройствами, помещенными

в световой поток и меняющими те или иные его параметры. В зависимости от модулируемой величины методы обоих классов различаются еще и по виду модуляции — амплитудная, частотная, фазовая и другие. В конечном счете все виды модуляции должны быть переведены в амплитудную, так как фотоприемник регистрирует интенсивность падающего на него излучения. К основным характеристикам модулятора

относится глубина модуляции $m = \frac{J_1 - J_2}{J_1}$,

где J_1 — интенсивность прошедшего света при полном пропускании модулятора, J_2 — интенсивность прошедшего света при минимальном пропускании модулятора;

эффективность модуляции $\eta = \frac{J_1 - J_2}{J_0}$,

где J_0 — интенсивность падающего на модулятор света, а также максимально возможная частота модуляции, обусловленная скоростью изменения параметров светового потока под действием модулирующей величины.

Наряду с использованием хорошо известных электрооптических и магнитооптических эффектов — Керра, Погкельса, Фарадея — для создания малоинерционных модуляторов перспективно привлечение полупроводников, в которых проявляется эффект Келдыша — Франца. Модуляция света с помощью этого эффекта в настоящее время успешно реализована для ряда полупроводников. Глубина модуляции в условиях электрического управления поглощением достигает 90—95%, эффективность — 10—15%. Практическая безынерционность эффекта Келдыша — Франца делает его перспективным для применения в устройствах высокоскоростного ввода информации в световой луч.

ЭФФЕКТ КЕЛДЫША — ФРАНЦА В ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОПТИКЕ

Качественно новый этап на пути дальнейшей микроминиатюризации радиоэлектронной аппаратуры — разработка оптических интегральных схем, аналогичных кремниевым интегральным схемам, в которых одна монокристаллическая пластинка кремния является вместилищем сотен и тысяч миниатюрных аналогов объемных радиоэлектронных элементов, выполняющих совместно те или иные функции. Оптические интегральные схемы, подобно существующим интегральным схемам, должны быть выполнены в полупроводниковом монокристалле, содержащем тонкопленочные аналоги элементов

оптоэлектроники — излучателей, волноводов, модуляторов, приемников излучения, совместно выполняющих задачу обработки информации с помощью световых волн. Ожидается, что оптические интегральные схемы должны способствовать решению многих задач, из которых наиболее злободневной является оптическая обработка и усиление сигналов в ретрансляторах оптических линий связи.

К настоящему времени история интегральной оптики насчитывает около десяти лет. За это время появились десятки теоретических и экспериментальных работ, посвященных разработке и осуществлению элементов оптических интегральных схем. Основным материалом для них в настоящее время служит арсенид галлия. Этот полупроводник в сочетании с родственными полупроводниковыми соединениями на его основе обеспечивает получение всех необходимых элементов оптической интегральной схемы: источников света, волноводов, фотоприемников, модуляторов и переключателей.

Модулятор в оптической интегральной схеме — важная составная часть, без которой невозможно оперирование световыми волнами. Наряду с использованием в тонкопленочных модуляторах на арсениде галлия эффекта Поккейса (изменение поляризации света под действием электрического поля), успешно применяется для этой цели эффект Келдыша — Франца. Тонкопленочный модулятор на эффекте Келдыша — Франца управляет непосредственно интенсивностью света, что исключает необходимость преобразования фазовой модуляции света в амплитудную, как это приходится делать при использовании эффекта Поккейса.

Высокие напряженности электрического поля, необходимые для работы модулятора на эффекте Келдыша — Франца, достигаются в тонкопленочных конструкциях при напряжениях в несколько вольт, что делает их вполне совместимыми со стандартными микросхемами. Так, при характерном размере пленки ~ 1 мкм приложенное напряжение в 10 В создает поле 10^5 В/см. Экспериментальный образец тонкопленочного модулятора на эффекте Келдыша — Франца позволяет изменять интенсивность света в 100 раз при напряжении около 2 В¹¹. При этом модулятор на эффекте Келдыша — Франца характеризуется малыми размерами в направле-

нии распространения света и малой потребляемой мощностью, а также почти 100%-ной эффективностью, так как потери на отражение могут быть сведены на нет.

Сейчас можно выделить по крайней мере три основных аспекта в исследованиях, связанных с эффектом Келдыша — Франца. Во-первых, это изучение самого явления в различных полупроводниках и полупроводниковых соединениях. Во-вторых, это создание и развитие методов модуляционной спектроскопии, без которых в настоящее время невозможно исследование энергетического спектра многих полупроводниковых материалов и измерение их оптических констант. В-третьих, это создание нового типа полупроводниковых и оптоэлектронных приборов.

Если в первых двух направлениях достигнут значительный прогресс, то этого еще нельзя сказать о приборах, в которых реализован эффект Келдыша — Франца. Во многом это объясняется тем, что для создания таких приборов необходим достаточно высокий уровень технологии. Действительно, пусть, например, проектируется модулятор света с определенным оптическим диапазоном работы, заданными эффективностью и глубиной модуляции. Естественно, что определенные требования будут предъявлены к исходному полупроводниковому материалу и по ширине запрещенной зоны, и по типу и количеству примесей, и по многим другим характеристикам. Причем от рода решаемой задачи зависит, должен ли быть исходный материал выполнен в виде однородного монокристалла, или монокристаллической пленки, или кристаллической пластинки, в которой ширина запрещенной зоны заданным образом меняется по различным направлениям. Как видно, перед технологом, который будет выращивать такой полупроводник, стоит совсем не простая задача. Если в производстве узкозонных полупроводников, работающих в инфракрасной области спектра, задачи подобного рода более или менее удовлетворительно решаются, то технология выращивания широкозонных полупроводников и соединений, позволяющих модулировать видимый и ультрафиолетовый свет, пока еще отстает от потребностей техники. Однако ускоренное развитие технологической базы позволяет надеяться на то, что в недалеком будущем приборы, в основе действия которых лежит эффект Келдыша — Франца, покинут стены научно-исследовательских лабораторий и выйдут на промышленный уровень.

¹¹ Reinhard F. K. — «Appl. Phys. Lett.», 1973, v. 22, p. 372.

Гибидеи — ритуальные жертвенники ненцев

С. М. Успенский,
доктор биологических наук
Центральный научно-иссле-
довательский институт охраны при-
роды и запovedного дела Минис-
терства сельского хозяйства СССР
Москва

Ритуальные жертвенники вызывают большой интерес у этнографов, археологов, историков, географов, а обнаруженное в жертвенниках ненцев значительное количество черепов белых медведей и других животных дает богатый материал и зоологам, изучающим популяционную изменчивость белого медведя — одного из редких видов мировой фауны.

Культовые жертвоприношения в определенных «жертвенных» местах составляли у ненцев в прошлом распространенный обряд, а сами жертвенники, или гибидеи (от ненецкого «хэбидя» — священное место), представляли в пределах всей области обитания этого народа (от побережий Белого моря на западе до Енисея на востоке) как бы характерный элемент пейзажа.

В настоящее время гибидеи чаще встречаются на севере Западной Сибири, особенно на Ямале, значительно реже — на севере Европейской части СССР, по-видимому, в связи с тем, что местные ненцы находились под более сильным влиянием христианской религии. Еще в начале XIX в. (время крещения самоедов-ненцев) большой известностью пользовались ритуальные гибидеи на о-ве Вайгаче: Вясак (старик) располагался вблизи

южной оконечности острова, Хадако (бабушка) — на северной оконечности.

Нахождение здесь идолов (болванов) и послужило основанием для названия северной оконечности о-ва Вайгача Болванским носом. В 20-е годы XIX в. эти гибидеи были разрушены, а на месте жертвенника Вясака поставлен большой деревянный крест. Впрочем в 1878 г., по свидетельству А. Э. Норденшельда¹, на жертвенном холме на юге о-ва Вайгача вновь стояли сотни деревянных идолов; там же лежали оленины черепы, кости белых медведей, железные предметы.

Гибидеи обычно устраивались на каких-либо приметных местах. А. Шренк писал: «Обитатели однообразных равнин, самоеды, которые открывают даже самое малое отступление природы, всегда склонны приписывать местностям, отличающимся каким-нибудь необыкновенным явлением природы, какую-то святость и близкую связь с таинственными силами; поэтому-то в тундре нельзя найти ни одного общественного места самоедов, которое бы не отличалось какой-нибудь особенностью природы»². К «особенностям природы» относились оконечности острова и полуостровов, отдельные мысы или приметные участки по берегам озер.

В таких местах ненцы ставили идолы. Идолы обычно делались из дерева (сядеи, от ненецкого «ся» — лицо) и чаще представляли собой деревянные чурки, шесты или палки с грубо обозначенными «чертами лица» — глазами, носом,

ртом. Иногда это был просто воткнутый в землю, заостренный сверху кол. Кроме того, ненцы имели идолов и другого рода (хахэ или хагэ) — необычные по форме или цвету камни, куски дерева, кости и т. д.

Вокруг идолов (и сядеев, и хахэ) совершался обряд жертвоприношения — забивались «жертвенные» олени, складывались в кучи черепы или только рога забитых оленей. И по величине куч можно судить, насколько часто и как давно гибидеи посещались людьми.

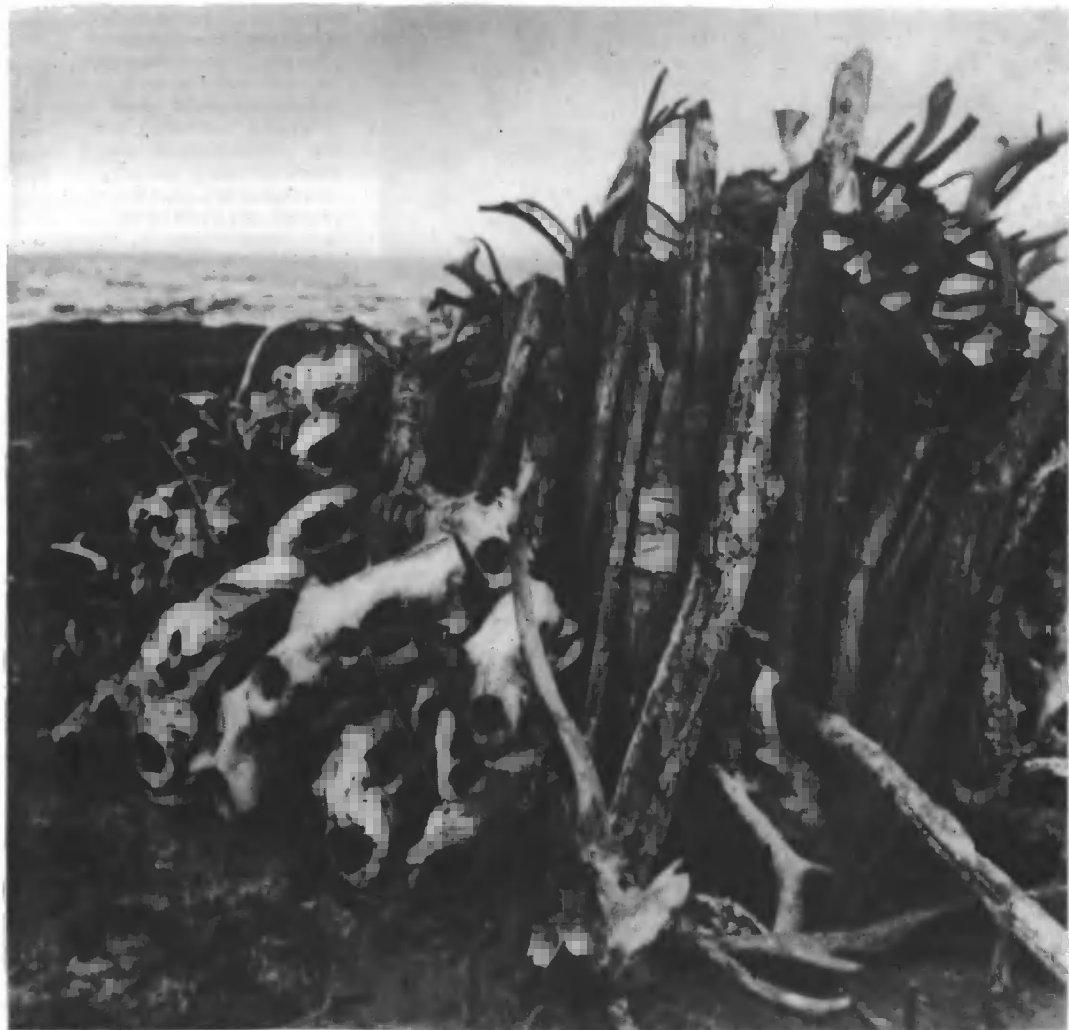
К весьма чтимым в прошлом предметам ненцы относились, в частности, черепы белых медведей. Вообще, как отметил еще А. Кастрен³, белый медведь в представлении ненцев был «могущественнейшим хахэ». В своем полном виде культ белого медведя проявлялся здесь весьма разнообразно. Была распространена и считалась более надежной клятва или присяга на морде или на лапе белого медведя. На Гыданском полуострове добывать белого медведя могли только ненцы из рода Салиндер. В некоторых районах тундр существовал запрет на употребление медвежьего мяса в пищу (особенно для женщин), было широко распространено табу на настоящее название белого медведя, его называли обычно иносказательно: «сэр» — белый или «явы» — морской. Зуб, особенно клык, белого медведя высоко ценился как амулет, его носили подвязанным к поясу, он оберегал, в частности, от посещения покойников или от нападения бурого медведя.

Следовательно, нахождение в гибидеях черепов белых медведей (иногда в значительных количествах) вполне

¹ Норденшельд А. Э. Путешествие вокруг Европы и Северной Азии. СПб., 1881.

² Шренк А. Путешествие к северо-востоку Европейской России. СПб., 1855, с. 89.

³ Кастрен А. Путешествие по Лапландии, Северной России и Сибири. М., 1860.



Жертвенник, расположенный на севере Ямала, с большим количеством черепов белых медведей.

быков (очевидно, вымытых из прибрежных яров и собранных ненцами в долине реки).

закономерно. Обращает на себя внимание наличие в некоторых встреченных нами на Ямале гибидеях уродливо развитых рогов или черепов северных оленей, а также необычных предметов. Например, в одном из жертвенников, расположенных в среднем течении р. Юрибей (Ямал), находились довольно хорошо сохранившиеся остатки шести черепов овце-

После разрушения гибидеев Вясака и Хадако наиболее важную роль в духовной жизни ненцев (во всяком случае, ямальских ненцев) играл жертвенник Яумал-хэ, или Главный шайтан, расположенный на крайнем севере Ямала, у мыса Хае-Сале. Первое известное нам описание его было дано известным зоологом и писателем Б. М. Житковым. Как он сообщает, в 1908 г. при посещении им жертвенника идолы Главного шайтана были «сгруппированы в семь отдельных куч, стоящих вытянутым рядом

в нескольких шагах расстояния одна от другой. Несколько идолов, кроме того, стоят отдельно по одному и по два. Деревянные идолы здесь или обычного самоедского типа в виде коротких обручков древесного ствола со стесанной наверху головой и грубыми насечками на месте глаз, носа и рта, или в виде длинных и тонких обтесанных палок, покрытых группами зарубок по семь в каждой группе... Каждая кучка сдается считается местом поклонения отдельных родов самоедов — около одной приносят жертвы Яптики, у других — Окотэтта, Вануйты и т. д. Паломники по обету приезжают сюда иногда не только из отдален-



Схема расположения жертвенников Главного шайтана.

Общий вид Главного шайтана, состоящего из нескольких жертвенников.



нейших частей Ямала, но и из-за Урала»⁴.

Пятью годами позже этот жертвенник посетил В. Тарасов. Он пишет: «Святыня состоит из семи куч сядеев

(идолов). На каждой куче масса оленьих рогов и шкур от жертв»⁵. Однако и тот, и другой

исследователи смогли попасть на жертвенник лишь в первой половине мая, т. е. практически — зимой. В снежный же период, в мае 1972 г., жертвенник Главный шайтан был обследован Н. К. Верещагиным, Е. Н. Курочкиным и автором. Однако, так же как и от наших предшественников, многие детали гибели были скрыты от нас под снегом.

⁴ Житков Б. М. Полуостров Ямал. — «Зап. ИРГО по общей географии», 1913, т. XIX, с. 50.

⁵ Тарасов В. Сообщение о поездке на полуостров Ямал с ветеринарной экспедицией С. И. Драчинского в 1913 г. «Ежегодник Тобольского музея за 1914 г.», 1915, вып. 24, с. 10.

Лишь в июле 1976 г. мне и М. Г. Дееву удалось осуществить обследование Главного шайтана в бесснежный период, при этом были обнаружены новые детали строения жертвенника. Было установлено, что семь отдельных жертвенников Главного шайтана расположены по слабо изогнутой дуге, ориентированной в направлении север — юг.

Жертвенник 1 (нумерация с севера на юг). Невысокая (около 1 м) куча черепов и рогов оленей, в центре — несколько очень старых лиственничных кольев с зарубками. Здесь же около десятка черепов белых медведей.

Жертвенник 2. Диаметр около 3 м, высота около 2 м. В центре жертвенника замшевые, очень старые колья с зарубками, вокруг — куча рогов и черепов с рогами оленей. Среди них около 20 черепов белых медведей.

Жертвенник 3 наиболее грандиозен. Диаметр до 5 м и высота около 3 м. Представляет собой кучу оленьих черепов и рогов, черепов белых медведей (по-видимому, несколько десятков). В центре жертвенника — лиственничные колья с зарубками, заостренные сверху. Рядом на земле — трое оленьих легковых нарт различной сохранности.

Между жертвенниками 1 и 2, 2 и 3, 3 и 4 на земле разбросаны черепа белых медведей, оленей, рога, куски дерева.

Жертвенник 4. Диаметр около 2 м и высота около 1,5 м. Представляет также кучу черепов и рогов оленей, черепов белых медведей (около 30), расположенную вокруг лиственничных кольев.

Жертвенник 5 состоит всего лишь из двух кольев высотой около 1,5 м (один из них стоит, другой лежит на земле), куска коры (лиственничного корневища), двух старых черепов оленей и фрагментов оленьих рогов.

Жертвенник 6 образован группой заостренных кольев (высотой до 4 м) с надетыми на них уже сильно разрушившимися черепами оленей.

Жертвенник 7 состоит лишь из двух кольев высотой по 2—2,5 м.

Между жертвенниками 6 и 7 на земле лежит кол, обвязанный полосками материи.

На всех жертвенниках и между ними на земле лежат разной давности «подношения»: остатки шкур песцов, оленей, белых медведей, мужской и женской меховой одежды, бутылки из-под вина и спирта и т. д. Общее число черепов белых медведей (главным образом взрослых особей), находившихся в различной сохранности, составляло в 1976 г. около 170.

На севере Ямала, на берегу пролива Малыгина, Б. М. Житков обнаружил и другой жертвенник. «Около небольшой группы грубо сделанных сядав нагромождена была громадная куча, состоявшая сплошь из черепов белых медведей. Только несколько голов диких оленей лежало сверху или надто было частью на священные палки с зарубками. Сверху лежали свежие черепа, в нижних рядах особенно выветрившиеся. Вероятно, не одну сотню лет самоеды складывали здесь черепа самого ценного в промысловом отношении зверя во славу тадебцев (богов.—С. У.). С разрешения самоедов я обогатил здесь свои коллекции десятком прекрасными черепами. Самоеды просили меня только не брать вполне свежих голов, так как, по их убеждению, исчезновение недавно положенных, не обветрившихся еще черепов с жертвенного места могло сильно повредить удаче медвежьего промысла будущего года»⁶.

В августе 1970 г. этот жертвенник мы видели с самолета (посадка в этом районе оказалась тогда невозможной). По приблизительному определению с воздуха, высота и диаметр его превышали 3 м. В центре жертвенника хорошо были видны длинные (до 4 м) стволы лиственниц, имеющие сучья и, следовательно, привезенные из леса, а не собранные среди плавника. Однако

весной 1972 г., несмотря на специально предпринятые поиски (с самолета и во время наземных маршрутов), мы этот жертвенник найти не смогли.

Однако в 1976 г. мы обнаружили на этом месте скромный по размерам жертвенник. Диаметр его составлял около 2 м и высота — около 1,5 м. Среди хахэ здесь уже преобладали черепа и рога оленей, но находилось также и около 50 черепов белых медведей.

В центре кучи были обтертые на концах очень старые колья длиной не более 2 м без каких бы то ни было следов обработки их человеком (некоторые колья были обвязаны ленточками желтого сукна). Жертвенник располагался у обрыва высокого песчаного разрушающегося берега на высоте около 10 м над уровнем моря и всего лишь в 4 м от обрыва. Ниже обрыва располагался покрытый снегом песчаный пляж.

Можно предположить, что вследствие разрушения берега жертвенник неоднократно придвигался к береговому обрыву и затем перекладывался ненцами на другое, более безопасное место. Возможно также, что в 1970 г. он существовал еще в том виде, как его описал Б. М. Житков, однако находился уже у самого обрыва и в том же или в следующем году вместе с частью берега обвалился на омываемый морем пляж. Впоследствии он был частично восстановлен, но уже в более скромном виде. В какой-то мере подтверждением тому служит примерно одинаковый возраст черепов, содержащихся в жертвеннике: среди них не было ни очень старых, ни совсем свежих хахэ.

Ритуальные жертвенники Ямала — гибидеи представляют большой интерес не только для энтографов, но и для зоологов. Исключительную научную ценность имеют коллекции черепов белых медведей, добытых в свое время ненцами на ограниченной территории. Изучение этих коллекций открывает новые возможности в анализе популяционной структуры этого вида и совершенствовании его охраны.

⁶ Житков Б. М. Полуостров Ямал. — Зап. ИРГО по общей географии, 1913, т. XIX, с. 53—54.

Нефть и газ Северного моря

Б. А. Соколов



Борис Александрович Соколов, доктор геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Специалист в области региональной и поисковой геологии нефти и газа. В «Природе» опубликовал статьи: «Новый механизм нефтеобразования», совместно с В. Б. Олениным (1975, № 9); «Новые нефтегазоносные районы СССР», совместно с А. М. Серегиним (1977, № 11).

Важнейшим событием в нефтегазовой геологии и экономике Западной Европы последней трети XX в. стало открытие и освоение богатых нефтяных и газовых месторождений под дном Северного моря. Это событие привлекло к себе внимание мировой общественности, в первую очередь, потому, что показало реальные возможности извлечения из морских недр энергетического сырья северными странами. Эксплуатация морских месторождений потребовала качественно нового подхода к решению нефтегеологических, технологических, экологических, юридических и социально-экономических проблем. Опыт освоения нефтегазовых богатств Северного моря несомненно заслуживает внимания и со стороны советских специалистов, занимающихся решением аналогичных вопросов.

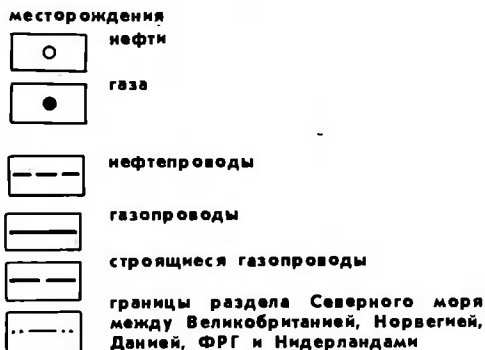
ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ В СЕВЕРНОМ МОРЕ

В истории освоения недр Северного моря, имеющего площадь более 0,5 млн км², с определенной долей условности можно наметить три периода: «континентальный», «прибрежный» и «срединноморской». Для континентального периода, охватывающего первую половину XX в., характерно общее геологическое и нефте-

геологическое изучение территории стран, располагающихся по берегам Северного моря. Оно привело к открытию в прибрежных частях Великобритании, Нидерландов и ФРГ, в основном в 40—50-е годы, небольших количеств нефти и газа в отложениях мела, юры и перми.

В течение этого периода из-за слабости технических возможностей вопросам нефтегазоносности Северного моря уделялось очень мало внимания. Этому способствовало также неверное предположе-

Размещение нефтяных и газовых месторождений в Северном море (на 30 июня 1977 г.)





ние, будто в его пределах располагается сравнительно небольшой осадочный бассейн с незначительными запасами нефти и газа. Следует отметить, что уже в середине 50-х годов появляется и другая точка зрения. Так, в 1957 г. автором совместно с И. О. Бродом при проведении нефтегеологического районирования Европы был выделен единый Северо-Европейский нефтегазоносный бассейн¹. Территориально он связан с крупными депрессиями между Балтийским щитом на севере и герцинскими складчатыми областями центральной Европы на юге, каледонидами Англии на западе и Балтийской синеклизой на востоке. Северное море занимает значительную и наиболее вогнутую часть этого бассейна, т. е. оно, без сомнения, представляет интерес при поисках нефти и газа.

Второй период, названный прибрежным, охватывает время с конца 50-х по конец 60-х годов. В 1959 г. на побережье Голландии в отложениях нижней перми было открыто гигантское газовое месторождение Гронинген с запасами² 1,7 трлн м³ газа. Началось интенсивное геофизическое изучение этого региона и подготовка отдельных площадей к морскому поисковому бурению, которое в водах ФРГ и Великобритании было начато в 1964 г., а в норвежских водах — в 1967 г. К этому времени территориальные воды между странами бассейна Северного моря были юридически разграничены. Вся акватория была поделена между пятью странами: Великобританией, получившей западную часть Северного моря, а также Норвегией, Данией, ФРГ и Нидерландами, к которым отошли соответствующие секторы восточной части моря, пропорциональные протяженности береговой линии.

Первоначально поисковые работы концентрировались на юге Северного моря между побережьями Северной Голландии и Средней Англии, где пытались обнаружить газ в песчаниках нижней перми. Первое морское газовое месторождение Вест Соул было открыто на юге британского сектора в декабре 1965 г. приблизительно в 65 км от берега Англии. Вскоре в этом районе в песчаниках нижней перми было открыто еще около 10 газовых место-

рождений, крупнейшим из которых было английское месторождение Леман с извлекаемыми запасами 330 млрд м³ газа³.

Эксплуатация этих месторождений началась в 1966—1967 гг. после завершения строительства газопроводов, протянувшихся к побережью Англии. От месторождения Вест Соул, которое разрабатывается с 1966 г., проведен газопровод длиной 70 км, с диаметром труб 0,4 м. Месторождение Леман с 1967 г. соединено с побережьем трубопроводом длиной 56 км и диаметром 0,76 м.

Третий, срединно-морской период освоения Северного моря начался после открытия в 1969 г. крупнейшего нефтяного месторождения Экофиск с запасами 270 млн т. С этого времени поисково-разведочные работы концентрируются в центральной части Северного моря вдоль разграничительной срединной линии. Причем ряд месторождений, открытых в этот период, располагается в нескольких секторах. Так, 60% запасов газа месторождения Фригг принадлежит Норвегии, а 40% — Великобритании. Значительные скопления газа и нефти обнаружены в отложениях триаса, юры, мела и палеогена в секторах всех пяти стран, окружающих Северное море.

Эксплуатация этих нефтяных месторождений осуществляется как при помощи танкеров, так и нефтепроводами.

Так, до 1975 г. нефть первого вступившего в эксплуатацию месторождения Экофиск транспортировалась к побережью Англии танкерами, а затем по 350-километровому трубопроводу. В 1975 г. начали действовать нефтепроводы от месторождений Фортис (203 км) и Пайпер (216 км), а затем от Брента, Ниниана и других.

Примерно за 15 лет в Северном море было пробурено с подвижных платформ более 660 поисковых и 150 разведочных скважин, а также около 450 эксплуатационных скважин со стационарных платформ. За это время открыто 156 месторождений нефти и газа, 88 из них — в водах Великобритании, 30 — Норвегии, 29 — Голландии, 8 — Дании и 1 — ФРГ⁴. Начальные запасы, разведанные к 1978 г.,

¹ Брод И. О., Соколов Б. А. Северо-Европейский нефтегазоносный бассейн. — В кн.: Нефтегазоносные бассейны земного шара. М., 1965.

² Здесь и далее речь идет об извлекаемых запасах нефти и газа.

³ Геология континентального шельфа Северо-Западной Европы. Сб. М., 1978.

⁴ Моделевский М. С. и др. Эффективность поисково-разведочных работ на нефть и газ в Северном море. — «Геология нефти и газа», 1978, № 5, с. 68—72.

равны 3,5 млрд т нефти и примерно 2 трлн м³ газа.

В целом, в 1977 г. было добыто 54 млн т нефти и около 50 млрд м³ газа. На месторождения британского сектора приходится 40 млн т нефти и 38,5 млрд м³ газа, норвежского — около 14 млн т нефти, датского — 0,5 млн т. В голландском секторе добыто около 10 млрд м³ газа. В Северном море уже сооружено 1200 км нефтепроводов и почти 1800 км газопроводов. Предполагается, что в 80-е годы уровень добычи нефти Великобританией достигнет 125—180 млн т в год, а Норвегией — более 90 млн т в год. Для сравнения можно отметить, что добыча нефти из всех остальных месторождений Западной Европы равна примерно 12 млн т в год.

СТРОЕНИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ БАСЕЙНА СЕВЕРНОГО МОРЯ

Акватория Северного моря, как и весь Северо-Европейский нефтегазоносный бассейн, располагается преимущественно в пределах древней Восточно-Европейской платформы. Под Северным морем есть докембрийский фундамент, сложенный кристаллическими породами и перекрытый 6-километровой толщей осадочных пород. Фундамент и нижние слои осадочных пород изучены очень слабо. Бурением вскрыта только верхняя часть отложений, средне- и позднепалеозойского, мезозойского и кайнозойского возраста.

Геологическое строение Северо-Европейского нефтегазоносного бассейна достаточно сложно, так как сформировался этот бассейн в несколько этапов. Вместе с тем, общая направленность развития осадочного бассейна Северного моря укладывается в определенную схему, которая свойственна и другим бассейнам аналогичной тектонической природы.

Можно наметить три основных этапа становления бассейна: ранний платформенный, рифтовый и поздний платформенный, каждому из которых отвечает свой структурный этаж, свой тип нефтяных и газовых месторождений и условия их формирования.

На первом этапе, охватывающем палеозой и начало мезозоя, сформировалась нижняя часть осадочного чехла бассейна. Распределение осадочных пород, накопившихся на этом этапе, обусловлено блоковым строением фундамента.

Главная особенность раннего платформенного этапа — широкое распростра-

нение континентальных и угленосных осадочных отложений. Континентальные красноцветные песчаники обнаружены в отложениях девона, нижней перми, нижнего и верхнего триаса. Для карбона характерны угленосные толщи, достигающие в отдельных случаях 2 км. Отложения верхней перми представлены соленосными толщами свыше 1 км, содержащими морские известняки, доломиты и битуминозные глины. В конце раннего платформенного периода, в среднем триасе, отложились прослои карбонатных пород, а в верхнем триасе —

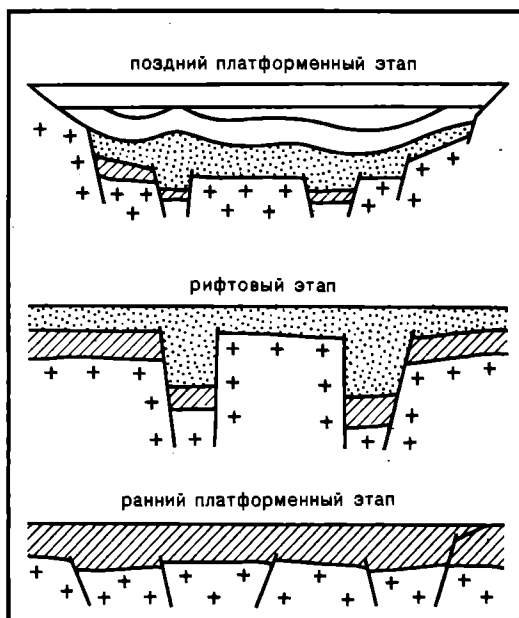


Схема стадийного развития геологических структур, составляющих бассейн Северного моря. Основные нефтяные и газовые месторождения сформировались на позднем платформенном этапе.

- Фундамент
- отложения палеозоя
- отложения мезозоя
- отложения верхнего мела и кайнозоя

морские песчаники и глины (местами толщина отложений достигает 3 км).

Второй — рифтовый — этап, охватывающий юрский период и начало мела, характеризуется широким распространением ветвящейся системы рифтов. Образование рифтов связано с расколом на блоки единой континентальной плиты и их раздвижением, вызвавшим появление

вдоль границ раскола узких (до 50 км) и протяженных (300 км и более) прогибов, или рифтов. Именно в этих прогибах накапливаются 2-3-километровые осадочные толщи, которые на приподнятых блоках имеют гораздо меньшую мощность.

Рифты в пределах Северного моря появились, по-видимому, одновременно с формированием всей северной части Атлантического океана. Процесс образования рифтов сопровождался обширной трансгрессией и накоплением морских песчано-глинистых отложений юрского и раннемелового возраста. В средней юре наряду с известняками и угленосными слоями образовалась также толща вулканических пород.

На этом этапе рост пермских соляных куполов и вертикальные движения отдельных блоковых выступов в пределах рифтовых прогибов привели к достаточно сложным структурным соотношениям между отложениями мела и юры и подстилающими слоями. Все эти перемещения сыграли важную роль при формировании нефтяных и газовых месторождений бассейна, предопределив их типы.

Третий — поздний платформенный — этап охватывает вторую половину мелового периода и весь кайнозой. С ним связано появление на месте современного Северного моря обширной меридионально ориентированной синеклизы, нижняя часть которой заполнена карбонатными отложениями верхнего мела и частично палеозоя (до 1,5 км), а также толщей терригенных пород кайнозоя (свыше 3 км). На рубеже мела и палеогена некоторые рифтовые трогги испытали инверсионные движения, которые привели к выходу на поверхность и разрушению известняков мелового возраста.

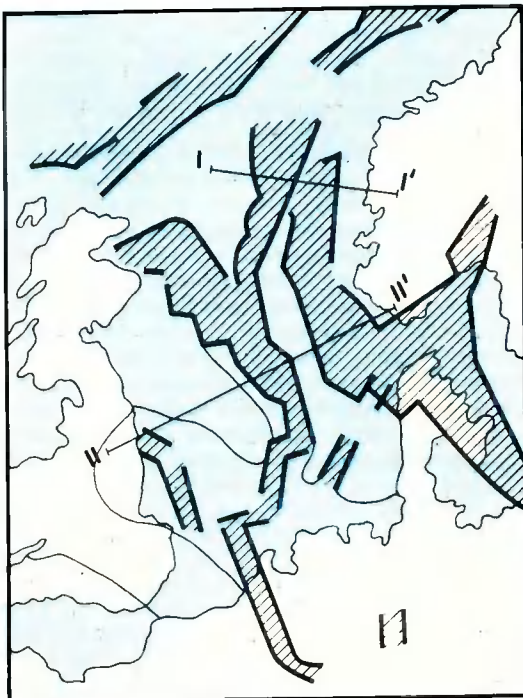
К концу третьего этапа и сформировалась современная структура бассейна Северного моря с характерными для нее тремя структурными этапами.

В пределах нижнего структурного этапа располагается главный газогенерирующий комплекс — угленосная толща карбона, местами достигающая 2 км. Значительная часть этой толщи попала в условия, благоприятные для образования газа, в юрский и меловой периоды. К категории нефтематеринских, возможно, следует относить глинистые породы позднепермского и поздне триасового возраста.

Нижнепермские песчаники являются главным газоносным горизонтом юга бассейна. Концентрации газа здесь способ-

ствовала соленосная «покрышка», сформировавшаяся в позднепермское время (месторождения Гронинген, Леман, Вест Соул и др.). Кроме того, газовые залежи установлены в песчаных горизонтах внутри соленосной толщи верхней перми и в отложениях нижнего триаса (месторождение Хьюитт). Надо полагать, что и для этих месторождений источником газа является угленосная толща карбона.

В центральной и северной частях Северного моря обнаружены нефтяные залежи в отложениях девона (месторожде-



Система рифтовых прогибов (заштрихованы) Северного моря, в пределах которых расположена большая часть месторождений нефти и газа. I—I' и II—II' — линии геологических разрезов.

ние Арджил), нижней и верхней перми (Ок, Арджил), и верхнего триаса (Брент, Статфьорд). Но во всех этих случаях нефтегенерирующими принято считать более молодые глинистые толщи юры и мела, участвующие в строении среднего и верхнего структурных этажей.

В среднем структурном этапе располагаются основные нефтегенерирующие толщи бассейна Северного моря — нижне- и среднеюрские, находящиеся в условиях, благоприятных для образования нефти. К категории нефтепроизводящих, возмож-

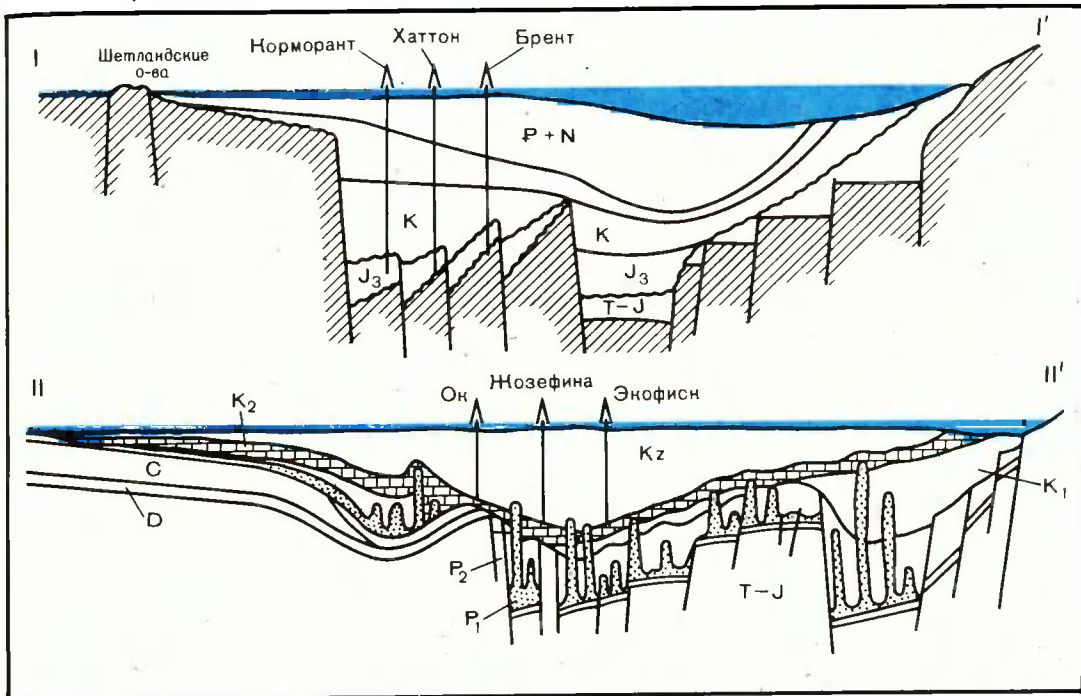
но, относятся и глинистые пачки нижнего мела. В месторождениях северной и центральной части Северного моря основными нефтеносными горизонтами являются юрские песчаники.

В верхнем структурном этаже можно выделить две основных нефтеносных толщи: одна приурочена к известнякам верхнего мела (месторождения Экофиск и др.), а другая к песчаникам среднего и верхнего палеоцена (месторождения Фортис, Монтроз и др.). Питающими горизонтами могут служить как нефтепроизво-

дящие породы юры и мела, так и глинистые пачки палеогенового возраста.

В песчаниках верхнего палеоцена и нижнего эоцена, расположенных выше по разрезу, обнаружены крупные скопления газа (месторождения Фригг, Один, Хеймдал, Код и Ломонд).

Таким образом, в бассейне Северного моря можно установить достаточно четкую вертикальную зональность размещения нефтяных и газовых скоплений, отражающую степень температурного прогрева (термическую зрелость) нефтега-



Геологические разрезы через рифтовые прогибы, показанные на рисунке слева. Буквами обозначены геологические эры и периоды. К₂ — кайнозойская, Д — девонский, С — каменноугольный, Р — пермский, Т — триасовый, J — юрский, К — меловой, Р — палеогеновый, N — неогеновый.

-  кристаллический фундамент
-  известняк
-  соль
-  морские буровые скважины

зоматеринских слоев⁵. Дело в том, что основным фактором нефтеобразования является температура прогрева нефтематеринских толщ. Те из них, которые находятся в интервале 60—120°C (отвечающим глубинам 2—5 км), принято считать находящимися в главной зоне нефтеобразования. Нефтематеринские толщи, расположенные выше, относят к верхней зоне газообразования, а расположенные ниже (глубже) главной зоны нефтеобразования — к главной зоне газообразования. И действительно, в эоцене и верхах палеоцена, там, где материнские породы не

⁵ Вассоевич Н. Б. О происхождении нефти. — «Вестник Московского ун-та. Геология», 1975, № 5, с. 3—23.

достигли главной зоны нефтеобразования, обнаружен газ, в средней, юрско-палеоценовой, части разреза, находящейся в главной зоне нефтеобразования — нефть, а еще ниже, в перми и триасе, — опять лишь газовые залежи.

ТИПЫ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Все нефтяные и газовые месторождения Северного моря возникли в результате перемещений блоков фундамента, поэтому их размещение связано, в первую очередь, с блоковыми поднятиями.

Большинство газовых месторождений юга бассейна представляют собой горстовые выступы, перекрытые соленосной толщей. К этому блоково-подсоленосному типу относятся месторождения Гронинген, Вест Соул, Леман, Викинг, Индефатигейбл и многие другие. Однопластовые залежи газа в золотых песчаниках нижней перми — это плоские своды, осложненные нарушениями. Слои продуктивных, т. е. содержащих газ, песчаников имеют мощность от 60 до 240 м и залегают на глубине 1,8—2,8 км. Газ в месторождениях юга бассейна преимущественно метановый. Примерные площади месторождений следующие: Гронинген — 22×40 км, Леман 15×30 км, Индефатигейбл 8×16 км. Надо отметить, что рельеф продуктивных горизонтов и перекрывающей их соленосной толщи совершенно различен.

Газовое месторождение Хьюитт, представляющее собой блоковый выступ размером 5×29 км, следует отнести к иному, горст-антиклинальному, типу. Это месторождение состоит из двух пластовых залежей в песчаниках нижнего триаса. Образование залежей связано с миграцией газа из угленосной толщи карбона. Хорошей проницаемости способствует отсутствие верхнепермских соляных отложений, а также наличие разломов. Мощность нижнего продуктивного горизонта — 67, верхнего — 107 м.

К этому же горст-антиклинальному типу относится ряд нефтяных месторождений центральной части бассейна (Пайпер, Фортис и др.). Месторождение Пайпер имеет форму куполовидного поднятия, состоящего из 5 блоков, с максимальной амплитудой поднятия 210 м. Несколько пластовых залежей обнаружено в верхнеюрском песчаном горизонте, залегающем на глубине от 2,3 до 2,8 км. Высота насыщенных нефтью пластов достигает 60 м, плотность нефти — 0,84 г/см³.

В центральной и северной части Северного моря в пределах системы рифтовых прогибов открыты и разрабатываются месторождения блоково-эрозионного типа с нефтеносными горизонтами девонского, триасового и юрского возраста, а также соляно-купольного и антиклинального типов с продуктивными горизонтами поздне-мелового и палеогенового возраста.

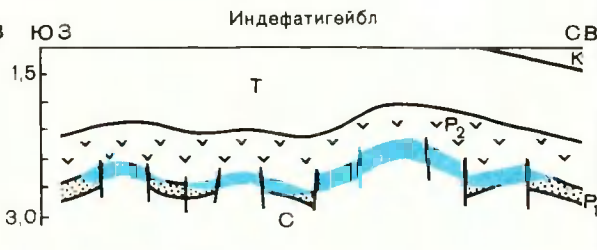
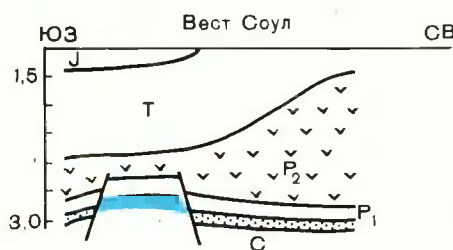
Для блоково-эрозионного типа месторождений характерны приподнятые блоки палеозойских и мезозойских пород, перекрытые отложениями нижнего мела, залегающими со стратиграфическим несогласием. Залежи представляют собой моноклинальные песчаные горизонты, полого наклоненные на запад под углом до 10°, литологически или тектонически экранированные. На месторождениях Brent, Statfjord, Beril и других продуктивны нижне- и среднеюрские песчаные горизонты. Наиболее изучено месторождение Brent площадью 110 км². Мощность верхнего нефтеносного пласта (среднеюрский песчаник) — 240 м, нижнего пласта (нижнеюрский песчаник) — 150 м. Глубина залегания залежей 2,6—3,2 км. Плотность нефти 0,83 г/см³. Аналогичное строение имеет наиболее крупное нефтяное месторождение Statfjord с запасами 0,47 млрд т. На месторождениях Ок и Арджил в отложениях девона, нижней и верхней перми в сходных тектонических условиях обнаружены залежи нефти.

Шесть месторождений группы Экофиск, представляющих собой куполовидные поднятия над погребенными соляными диапирами, следует отнести к особому соляно-купольному типу. Размеры месторождений колеблются от 4×4 до 8×15 км (Экофиск), амплитуда поднятия достигает 180 м. Продуктивными горизонтами служат отложения нижнего мела. Породы отличаются высокой пористостью и низкой проницаемостью. Плотность нефти 0,84 г/см³.

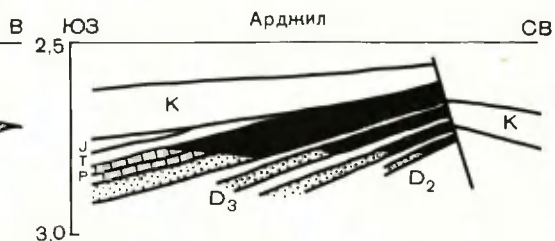
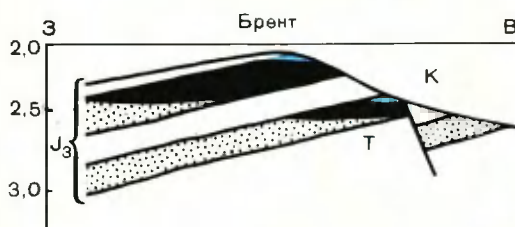
Основные типы нефтяных и газовых месторождений Северного моря.



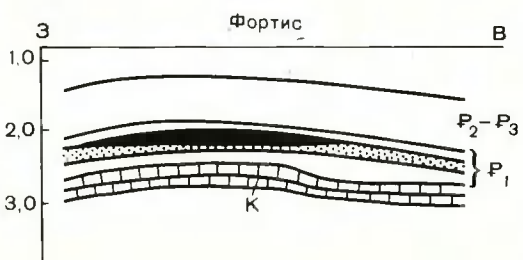
блоково-подсоленосный



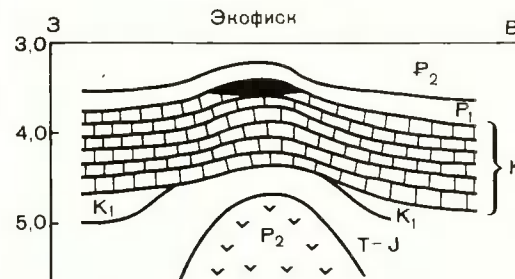
блоково-эрозионный



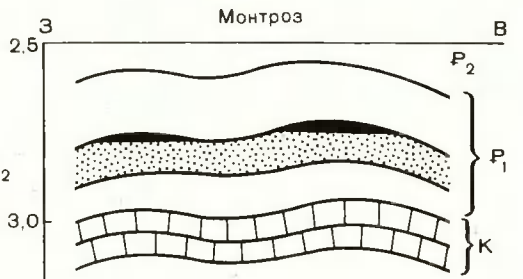
горст-антиклинальный



соляно-купольный



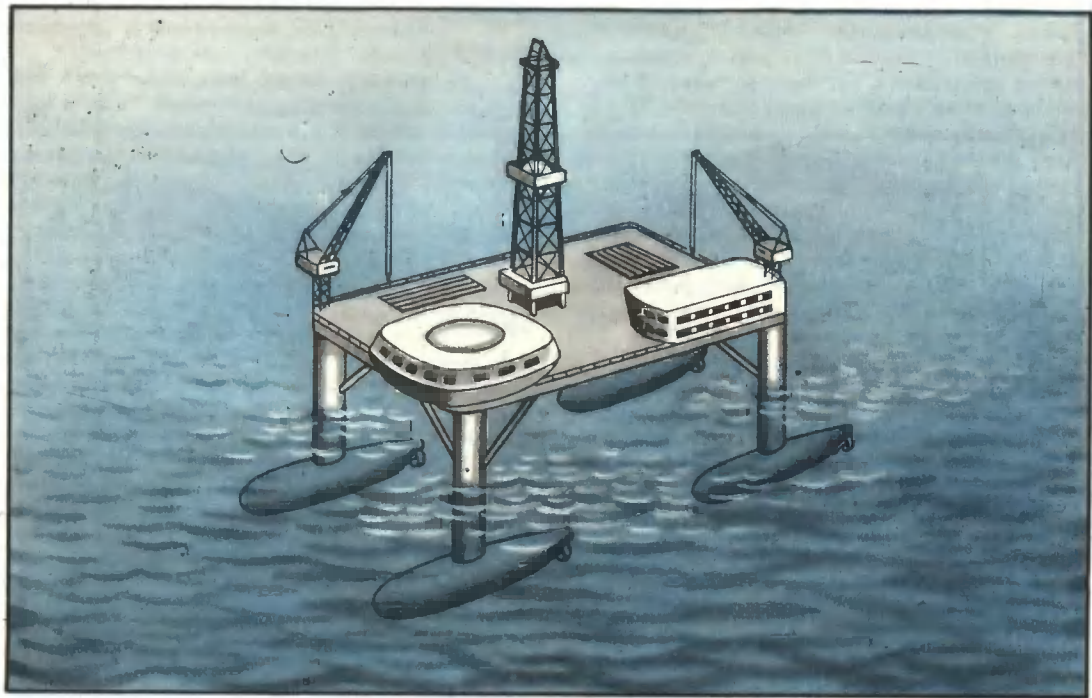
антиклинальный



К антиклинальному типу месторождений относятся газовые и газоконденсатные месторождения Фригг, Код, Хеймдалл и другие, а также нефтяное Монтроз с залежами в палеоценовых и эоценовых песчаниках. Каждое из месторождений этого типа представляет собой подобие складки, которой на глубине, возможно, отвечает горстовый выступ фундамента. Газоконденсатное месторождение Фригг площадью 175 км² имеет газоносный горизонт в песчаниках эоценового возраста на глубине 1,8 км. Запасы газа —

рение. Геофизические исследования включают сейсмостъемку, а также аэромагнитную, воздушную и морскую гравитационную съемку. Одна из причин успеха поисков нефти и газа в Северном море — высокое качество и большая разрешающая способность сейсмического картирования.

Обычно месторождения удается обнаружить при бурении первой или второй скважины. Общее количество поисковых скважин на площади составляет 4—8, размещаемых или по треугольной сетке, или по двум пересекающимся профилям.



Поисково-разведочная и эксплуатационная (с. 49) буровые платформы.

0,2 трлн м³, а конденсата — 90 млн. т. На нефтяном месторождении Монтроз площадью 61 км² продуктивны нижнепалеоценовые песчаники.

ОСОБЕННОСТИ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАБОТ

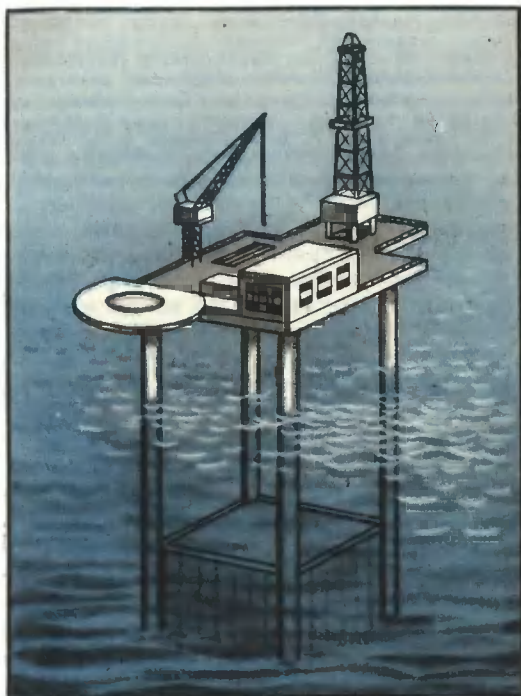
Поисковые работы, по существу, состоят из двух этапов. Первый заключается в изучении района геофизическими методами, предшествующими бурению, а второй — это собственно поисковое бу-

Для подготовки месторождения к эксплуатации бурится еще до 4 разведочных скважин.

Поисковые и разведочные скважины бурят с подвижных буровых платформ двух типов: самоподъемных и полупогруженных самостабилизирующихся. Передвижная самоподъемная буровая платформа предназначена для бурения при глубине моря до 75—90 м. Такая платформа имеет от трех до шести опор, которые при бурении опираются на дно, а при перемещении платформы подняты вверх. Перемещается буровая платформа или буксиром, или за счет собственного двигателя. Полупогруженные платформы рассчитаны на бурение при глубинах моря до 180 м и более. Такая буровая платформа опи-

рается на основание из 2—5 понтонов, расположенных ниже уровня моря. При бурении установка стабилизируется с помощью нескольких якорей. Перемещается полупогруженная буровая установка так же, как и передвижная. Обычно поисково-разведочные скважины в Северном море бурят до глубины 3—3,7 км.

Эксплуатационное бурение ведется со стационарных стальных и бетонных платформ. В нижней части бетонных платформ имеются резервуары (танки) для хранения нефти или газа. Стальные плат-



формы — это огромные прямоугольные в плане сооружения, которые крепятся на дне с помощью свай. На верхней площадке располагается буровое оборудование для бурения и добычи. Одна скважина бурится вертикально, а остальные — наклонно. Этот способ бурения называется кустовым.

Действующая в настоящее время на месторождении Фортис стальная эксплуатационная платформа, имеет высоту 146,4 м и массу 20 тыс. т. Для ее крепления используют сваи весом в 250 т, уходящие в дно на 61 м. Месторождение предполагается разрабатывать четырьмя буровыми платформами с 27 наклонными скважинами на каждой. На месторождении Брент, где глубина моря 137 м, платформа весит 40 тыс. т, а на месторождении Пай-

пер (глубина моря — 145 м) — всего 12 тыс. т.

В настоящее время все большее распространение получают бетонные эксплуатационные буровые платформы. Они представляют собой гигантские конструкции из бетона и стали высотой почти до 200 м, весом в 175 тыс. т, с емкостью резервуаров — 200 тыс. м³. В качестве примера можно привести буровую бетонную платформу, построенную компанией «Ситэнк» для месторождения Корморант. Эта платформа рассчитана на глубину моря в 154 м. В нижней части располагается бетонный кессон высотой 57 м и площадью до 100×100 м, состоящий из 64 отсеков. Часть из них, емкостью в 160 тыс. м³, предназначена для хранения нефти. Стальная верхняя платформа с буровым эксплуатационным оборудованием площадью 81×46 м поднята над водой почти на 25 метров и опирается на 4 колонны высотой 120 м. Между ними в 4 ряда расположено 36 буровых колонн.

Опыт освоения запасов нефти и газа под Северным морем позволяет сделать несколько общих выводов.

Во-первых, особенности размещения нефтяных и газовых месторождений бассейна Северного моря еще раз подтвердили справедливость основных теоретических положений осадочно-миграционной теории образования нефти и газа: вертикальную зональность образования углеводородов и размещения залежей нефти и газа.

Во-вторых, наглядно продемонстрирована роль рифтогенеза в процессе образования и накопления нефти и газа. Сейчас можно утверждать, что все нефтегазоносные бассейны платформенных областей в своем развитии проходят через этап образования рифтов.

В-третьих, для морских бассейнов наиболее распространенным типом месторождений является блоковый, обусловленный вертикальными движениями отдельных структурных участков.

В-четвертых, освоение нефтегазовых месторождений морского дна требует создания высоконадежной специализированной и автономно существующей морской поисково-разведочной и эксплуатационной техники.

Сходные формы поведения насекомых и позвоночных

Г. А. Мазохин-Поршняков



Георгий Александрович Мазохин-Поршняков, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой энтомологии биологического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Изучает проблемы зрения, оптической ориентации и поведения насекомых. Автор книг: *Зрение насекомых*. М., 1965; *Руководство по физиологии органов чувств насекомых* (совместно с Ю. А. Елизаровым, Р. Д. Жентиевым, В. Б. Чернышевым). М., 1977. В «Природе» опубликовал статьи: *Насекомые и цвет* (1965, № 6); *Только ли инстинкт управляет поведением насекомых?* (1970, № 5).

Биологи давно обратили внимание на черты сходства морфологической организации у совершенно не родственных организмов, прошедших длительный независимый путь исторического развития. Классический пример — сходство плана строения передних копытельных конечностей у насекомого-медведки и крота — представителя другой эволюционной ветви животных, которую венчают млекопитающие. Это сходство морфологической организации, как легко догадаться, здесь порождено сходным образом жизни в идентичных условиях существования. Крылья насекомых не гомологичны крыльям птиц и млекопитающих (рукокрылых). У позвоночных это видоизмененные конечности, тогда как крылья насекомых ведут начало от выростов грудного панциря. Когда складывались биологические предпосылки для планирования и активного полета, древние насекомые и представители разных групп позвоночных стали овладевать воздушной средой, в результате возникли крылья, причем у позвоночных они формировались независимо в нескольких классах. Таких примеров эволюционного параллелизма, или конвергенции, у неродственных животных известно немало, и причины этих явлений обычно находят удовлетворительное объяснение.

ПРИЗНАКИ СХОДСТВА ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У НАСЕКОМЫХ И ПОЗВОНОЧНЫХ

Помимо приведенных примеров, в которых причины сходства достаточно очевидны, известны случаи одинакового проявления жизнедеятельности у далеких организмов, могущие поставить исследователя в тупик на пути рационального истолкования их происхождения. Сказанное в полной мере можно отнести к высшей нервной деятельности различных групп животных, в частности насекомых и млекопитающих, учитывая, что громадное число нейронов в нервной системе тех и других в принципе допускает достаточно разнообразие типов высшей нервной деятельности. Однако прежде уточним, почему насекомые и млекопитающие не родственные организмы.

Насекомые принадлежат к так называемым первичноротым организмам, среди которых они являются наиболее высокоорганизованными представителями членистоногих и всех наземных беспозвоночных. Млекопитающие завершают другую эволюционную ветвь — вторичноротых животных (у них сформировавшийся рот не совпадает с личиночным ротовым отверстием). Филогенетическая линия пер-

вичноротых отделилась от общего со вторичноротыми предка на более низком уровне организации, чем уровень современных кишечнополостных (гидроидных полипов, медуз), т. е. до того как у него сформировалась рефлекторная дуга с центральным нервным узлом и развились анализаторы (в понимании И. П. Павлова).

Исходя из того, что насекомые и позвоночные не родственные организмы, долгое время не замечали элементов сходства в их высшей нервной деятельности. Лишь относительно недавно известный ленинградский биолог М. Е. Лобашев, изучая со своими сотрудниками механизмы поведения медоносной пчелы, установил общность основных свойств высшей нервной деятельности у насекомых и млекопитающих (собак)¹. Это позволило ему говорить о независимом развитии условно-рефлекторной деятельности у первично- и вторичноротых и тем углубить и развить ранее высказанное А. А. Заварзиним мнение о параллелизме развития морфологической организации их нервной системы². В таком случае мы вправе утверждать, что явления конвергенции имеют место не только в морфологической организации центральной нервной системы и основных свойствах высшей нервной деятельности членистоногих (по крайней мере насекомых) и позвоночных, но и в поведении этих внешне так непохожих животных.

Строго говоря, то общее в поведении насекомых и позвоночных, что они унаследовали от единого предка, так мало, что его непросто заметить у современных высших представителей двух обсуждаемых филогенетических линий, например медоносной пчелы, с одной стороны, и серой вороны и домашней собаки, с другой стороны. Их общему предку были свойственны, по-видимому, лишь простейшие врожденные формы поискового (пищевого, репродуктивного), защитного и некоторых других видов поведения с элементами привыкания и формирования кратковременных условных связей. Так, Р. Шовен у современных кишечнополостных с их диффузной нервной системой и возможностью про-

ведения возбуждения без участия нервных волокон различает всего три вида активности: 1 — простые рефлексы, при развитии которых возбуждение свободно распространяется по всей нервной сети; 2 — локальные рефлексы, ограниченные небольшим участком нервной сети, например ротовым диском; 3 — ритмическую активность³. У пресноводной гидры удалось выработать только суммационный рефлекс, не относимый к «истинным» условным связям⁴. Поэтому брачные игры (у некоторых дневных бабочек, с одной стороны, и у птиц — с другой); территориальное и гнездовое поведение со сложной сигнализацией и пеленгацией (саранчовые, муравьи, пчелиные — птицы, млекопитающие); «хоминг», далекие сезонные миграции на основе умения ориентироваться по земным ведам и небесному компасу (гнездовые перепончатокрылые, дневные бабочки, жуки и другие насекомые — птицы, млекопитающие; приемы охоты (хищные насекомые — птицы, млекопитающие) и многие другие формы поведения — все возникли у названных групп животных независимо и совершенствовались параллельно. Но дело, очевидно, не только в общности внешнего проявления поведения, но и в глубоком совпадении принципов работы центральной нервной системы.

Так, автор уже имел случай писать на страницах «Природы» о широком использовании насекомыми индивидуального навыка и о том, что общественные виды перепончатокрылых, подобно птицам и млекопитающим, способны обобщать зрительные образы⁵. А теперь мы сосредоточим внимание на существовании у перепончатокрылых насекомых и у высших позвоночных сходных механизмов защиты центральной нервной системы от перенапряжения при решении трудных задач, связанных с визуальным выбором одного объекта среди двух. Но сначала несколько

³ Шовен Р. Поведение животных. М., 1972.

⁴ Чейлахян Л. М. К вопросу о временных связях у простейших и кишечнополостных животных. — Журнал высшей нервной деятельности, 1957, т. 7, вып. 5.

⁵ Мазохин-Поршняков Г. А. Только ли инстинкт управляет поведением насекомых? — Природа, 1970, № 5.

Эту же мысль о важной роли обучения в формировании «общественных» отношений у насекомых обосновывает с подкупающей убедительностью Лопатина Н. Г. в своей интересной монографии «Сигнальная деятельность в семье медоносной пчелы». Л., 1971.

¹ Лобашев М. Е. О параллельных — аналогичных рядах развития свойств высшей нервной деятельности в филогенезе у животных. — Второе науч. совещ. по пробл. эвол. физиол., посвящ. памяти Л. А. Орбели, тез. докл., Л., 1959, с. 112—114.

² Заварзин А. А. Избранные труды, т. III, М. — Л., 1950.

вступительных слов об общей организации поведения насекомых.

Если в недалеком прошлом возможность обучения пчел и муравьев считали уникальным случаем проявления психической деятельности среди членистоногих, то теперь известно множество примеров возникновения условных связей практически у всех насекомых, начиная с тараканов и прямокрылых — древнейших представителей этого класса членистоногих. Научение может быть прочным и очень сложным, вплоть до выработки навыка опознавать предметы по некоторым отвлеченным (обобщенным) признакам.

И все же для насекомых характерны не индивидуально приобретенные реакции, а наследственно закрепленные, удивительно разнообразные, но отличающиеся жестким стереотипом и неизменной воспроизводимостью. Насекомые способны много раз подряд совершать одни и те же безусловно-рефлекторные действия вне зависимости от их объективной сложности и без явного выраженных признаков психического утомления, если понимать под ним нарастание числа ошибочных (нецелесообразных) действий или вообще отказ реагировать на ранее побуждавшие к действию стимулы.

Иная картина наблюдается, когда насекомые совершают заученные действия. Обучая медоносных пчел зрительному опoznанию тех или иных объектов, мы обратили внимание на ряд особенностей реакций этих насекомых, удивительно похожих на действия высших животных в сходной ситуации. Наиболее интересны из них феномены: 1) забывания («разучения»), или переход к выбору наугад, при длительном повторении трудных дифференцировок и 2) внезапный переход поведения с приобретенной программы на врожденную программу — явление, названное нами реверсией внутреннего управления поведением⁶.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ МЕДОНОСНЫХ ПЧЕЛ ПРИ РЕШЕНИИ ТРУДНЫХ ВИЗУАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Теперь проследим на конкретных примерах изменение поведения пчел в ходе длительного научения зрительному

выбору одного объекта из двух в задачах различной трудности. Степень трудности задачи может зависеть как от врожденных привычек насекомого, так и от объективной сложности требуемых оценок и действий. В качестве примера первого случая укажем, что для пчелы запоминание (выбор) приманки по ее расположению, окраске, размеру, форме — это возрастающий по трудности выполнения ряд действий. Так, чтобы запомнить положение одиночной чашечки с сахаром на экспериментальном столе, пчеле достаточно одной пробы; чтобы научиться отличать одну чашечку от другой по взаимному расположению или окраске нужно две-три пробы, а для возникновения прочного навыка опознавать предмет по размеру или форме пчеле требуются десятки, иногда более сотни проб. Здесь иерархия различительных признаков и определяемая ею степень трудности задачи связаны с привычной, свойственной данному виду насекомого информационной важностью этих признаков, когда они служат указателями пищи. Для других видов насекомых те же задачи пришлось бы расположить по степени сложности в иной последовательности. Но различение градаций одного и того же признака, допустим, размера однотипных предметов — пример объективно разных по сложности задач: распознавать сходные предметы тем труднее, чем ближе они друг к другу по размеру. О степени трудности тех и других задач будем судить как по числу подкреплений для достижения статистически достоверного уровня предпочтительных выборов, так и по устанавливаемому при этом среднему проценту ошибок.

В наших опытах пчелы должны были научиться отличать по определенному признаку объект с 60-процентным сахарным сиропом от объекта, содержащего воду вместо сладкой приманки. При обучении пчел распознавать размер предметов тестами служили пары кругов, крестов или 8-лучевых звезд, расположенные на белом фоне. Одним пчелам подкрепляли выбор большей фигуры, другим — меньшей фигуры, при этом площадь фигур постепенно сближали, заведомо усложняя задачу. Задачу считали решенной, если не менее чем из 30 выборов, или прилетов, пчела избирала тестовую фигуру одного и того же класса, не сделав более 8 ошибок. Это свидетельствует об отличии данного распределения выборов от случайного с

⁶ Мазохин-Поршняков Г. А., Семенова С. А., Милевская И. А., Особенности опознания медоносной пчелой предметов по размеру. — «Журнал общей биологии», 1977, т. 38, вып. 3.

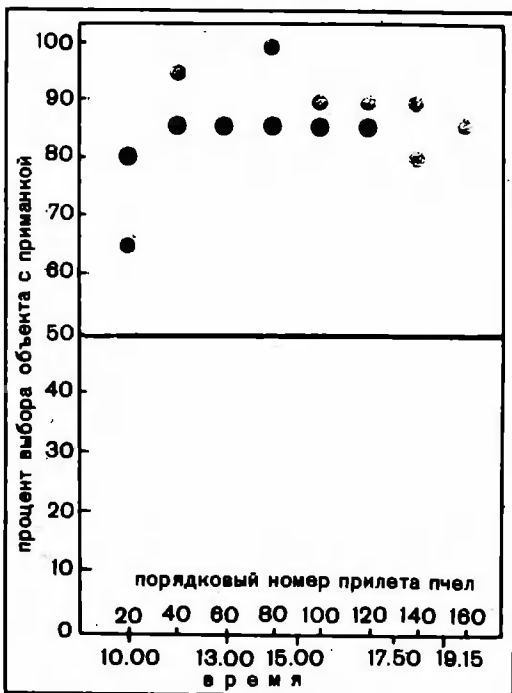
вероятностью $p \leq 0,025^7$. В каждом опыте участвовала одна индивидуально меченая пчела *Apis mellifera* смешанной расы. Разумеется, принимались меры, исключающие выбор фигуры с приманкой по ее положению, запаху и другим, не контролируемым экспериментатором признакам.

1. **Феномен забывания, или «разучения».** Анализ динамики научения визуальному распознаванию двух объектов начинали с одной из самых простых для пчел задач: находить приманку по окраске в совокупности с другими признаками. Чтобы максимально облегчить задачу, приманку поместили тремя независимыми признаками: стаканчик с сиропом поставили на синюю 8-лучевую звезду диаметром 50 мм, а стаканчик с водой — на желтый круг диаметром 17 мм. Следовательно, приманку можно было распознать по цвету, размеру и форме маркера. За первые 20 прилетов пчела ошиблась только 5 раз. Затем был достигнут более высокий (85%) уровень безошибочных выборов, практически не менявшийся на протяжении большей части рабочего дня, в течение которого пчела прилетала около 120 раз. Максимальный уровень правильных выборов задач в течение целого дня зарегистрирован в другой легкой задаче, где другая пчела, почти не ошибаясь⁸, выбирала один стаканчик из двух по его неизменному расположению на столе.

Сравним с этим поведение пчелы, в ходе решения более трудной задачи: различать два круга одинакового цвета, но разного диаметра (22 и 17 мм) с тем чтобы брать приманку на большем из них. Здесь пчела за первые 20 выборов ошиблась 9 раз, затем на некоторый короткий период установился статистически достоверный ($p < 0,01$) 70—65-процентный уровень правильных выборов, но далее пчела стала выбирать круги наугад — с 61 по 140 прилеты число ошибок при поиске приманки возросло до 50%.

Аналогичный феномен забывания только что приобретенного навыка на-

блюдался в другой трудной для пчел задаче, связанной с распознаванием предметов по размеру и форме. В этой задаче, где требовалось отличить черный круг диаметром 17 мм (с приманкой) от черной 8-лучевой звезды диаметром 50 мм, навик пчел прогрессивно нарастал приблизительно до 60 прилетов, а затем без явных причин был быстро утрачен.



Распределение выборов тестовых объектов при решении пчелами легкой задачи: а) отличать синюю звезду от желтого круга [черные кружки] и б) отличать по неизменному расположению на столике стаканчик с сиропом от стаканчика с водой [цветные кружки].

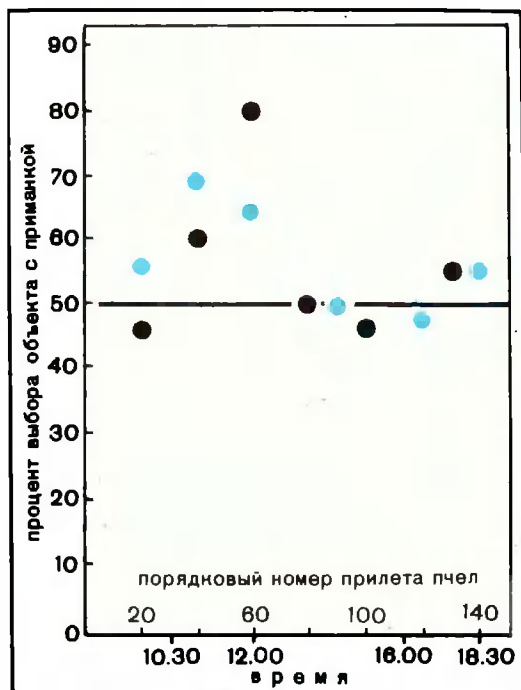
Чтобы максимально облегчить решение первой задачи, приманку поместили тремя независимыми признаками: стаканчик с сиропом поставили на синюю 8-лучевую звезду диаметром 50 мм, а стаканчик с водой — на желтый круг диаметром 17 мм. Следовательно, приманку можно было распознать по цвету, размеру и форме маркера. За первые 20 прилетов пчела ошиблась только 5 раз, затем был достигнут более высокий 85-процентный уровень безошибочных выборов, практически не менявшийся на протяжении большей части рабочего дня, в течение которого пчела прилетала около 120 раз.

Максимальный уровень правильных выборов зарегистрирован во второй легкой задаче, где пчела, почти не ошибаясь, выбирала стаканчик с сиропом, а не с водой. [Здесь и на остальных рисунках горизонтальная прямая линия — теоретический уровень правильных выборов при случайном поиске.]

⁷ Вероятность (p) рассчитывали по критерию χ^2 с поправкой Йетса.

⁸ Единичные ошибки в задачах такого рода могут быть объяснены периодическим «сознательным» поиском приманки в альтернативном стаканчике. Цветки растений, как известно, выделяют нектар постепенно, поэтому его отсутствие в цветке в данный момент вовсе не означает, что он не появится позднее.

Результаты опытов, повторенных в разных вариантах на нескольких десятках пчел, показали, что насекомое, решая трудную зрительную задачу, через 3—4 часа после начала дрессировки полностью утрачивает («забывает») первоначально возникший навык. Этого не происходит в случае многократного выполнения легких задач. Следовательно, феномен «разучения» нельзя объяснить нарастающим в процессе многочасового обучения общим утомлением насекомого, когда лишь к концу дня, спустя 8—9 часов после начала



Изменение поведения пчел в ходе овладения задачами: а) отличить большой круг от маленького (цветные кружки) и б) маленький круг от большой звезды (черные кружки).

При решении первой задачи пчела за начальные 20 выборов ошиблась 9 раз, затем на короткий период установился статистически достоверный ($p < 0,01$) 65—70-процентный уровень правильных выборов, но далее пчела стала выбирать круги наугад — с 61 по 140 прилеты число ошибок возросло до 50%.

Во второй задаче, где требовалось отличить черный круг диаметром 17 мм с приманкой от черной 8-лучевой звезды диаметром 50 мм, навык пчел прогрессивно нарастал приблизительно до 60 прилета, а затем стал быстро утрачиваться.

эксперимента, может несколько упасть процент правильных выборов. Причину быстрого забывания приобретенного навыка следует искать в перенапряжении центральной нервной системы, или в психическом утомлении насекомого, когда экспериментальная обстановка вынуждает его строить поведение на трудно формирующейся условной связи. Это предположение подтверждается сходными особенностями реакций пчел при дифференцировании предметов в сложных цепях условных раздражителей. Так, в опытах Е. Г. Чесноковой пчелы с некоторого момента обучения, требующего запомнить кратчайший путь через маркированный красками лабиринт, периодически уклонялись от решения задачи, проявляя негативную реакцию на условный раздражитель⁹.

Феномен разучения, трактуемый нами как проявление у насекомого психического утомления, весьма напоминает некоторые реакции высших животных, защищающие центральную нервную систему от перенапряжения, когда от организма требуют многократного решения трудной задачи. В известных экспериментах Л. В. Крушинского собаки после нескольких правильных экстраполяции направления движения кормушки за ширмой начинали совершать односторонние обходы ширмы, становились вялыми или, как в опытах Н. В. Праздниковой, вообще пытались уклониться от повторного решения трудной задачи — стремились покинуть манеж¹⁰.

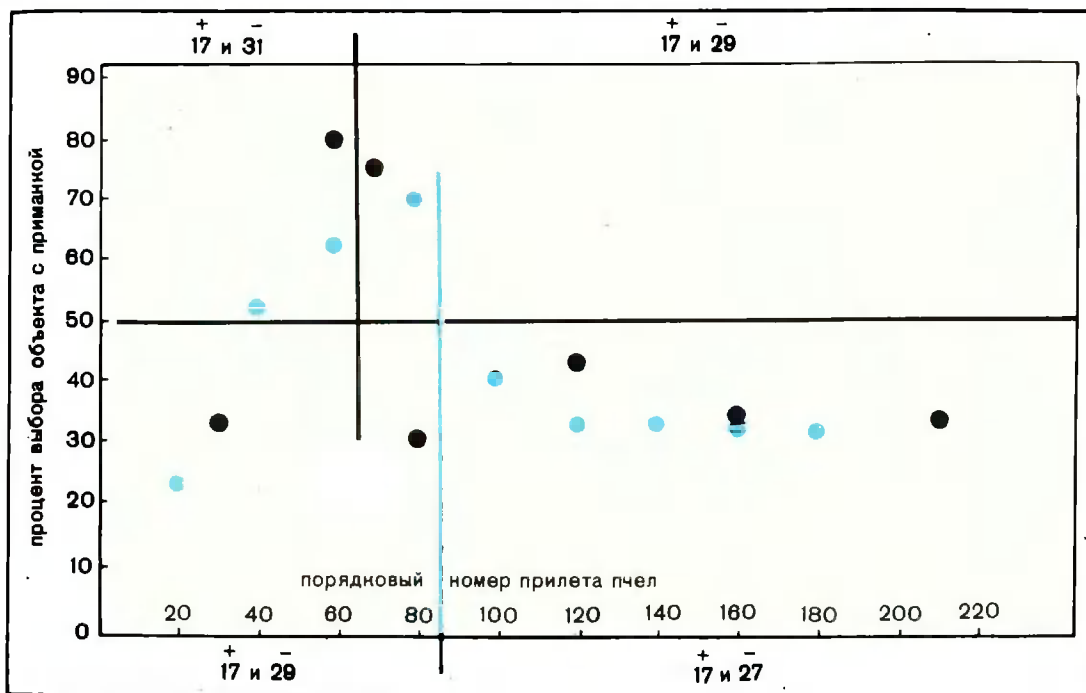
2. Феномен реверсии поведения. Другой, более интересный тип защитной реакции центральной нервной системы насекомого можно наблюдать в ответ на резкое усложнение задачи, до того уверенно решаемой, хотя и очень трудной, близкой к предельной. Непременным условием для проявления подобной защитной реакции должно быть наличие в дифференцируемой паре изначально предпочитаемого объекта. Например, из двух

⁹ Чеснокова Е. Г. Условные рефлексы на цепи зрительных раздражителей у пчелы при возвращении с места взятка в улей. — «Зоол. журн.», 1960, т. 39, вып. 1.

¹⁰ Крушинский Л. В. Биологические основы рассудочной деятельности. М., 1977; Праздников Н. В. — В сб.: Исследование принципов переработки информации в зрительной системе. Л., 1970, с. 117.

объектов разного размера, но идентичной формы: звезд, крестов или других фигур, пчела изначально предпочитает выбирать больший, по-видимому, кажущийся ей лежащим ближе. Но такое врожденное стремление к более крупному предмету удается у отдельных пчел «перебороть» встречным обучением, если подкреплять выбор меньшего предмета, снабдив его приманкой. В этом эксперименте в течение первых 20—30 прилетов обе пчелы явно предпочитали большую фигуру, хотя и не находили на ней приманку. Постепенно,

после нескольких десятков последующих проб они научились выбирать ($p < 0,01$) меньшую фигуру. Далее задачу усложнили — сгладили различие в размерах тестов, уменьшив неподкрепляемую фигуру, но сохранив неизменной подкрепляемую. Пчелы прореагировали на такое резкое усложнение задачи неожиданным образом — стали выбирать в основном большую фигуру: в ходе прослеженных примерно 100 выборов, даже на следующий день, насекомое стремилось к неподкрепляемой фигуре, т. е. вело себя так



Изменение поведения пчел, обучающихся отличать а) меньшую звезду от большей (цветные кружки) и б) меньший крест от большего (черные кружки). В обеих задачах размер меньшей фигуры, на которой находился станчик с сахарным сиропом [знак «+»], равнялся 17 мм, размеры же большей фигуры без приманки [знак «-»] изменяли в сторону уменьшения, чем усложняли задачу. Вертикальными линиями отделены результаты опытов на парах фигур разного размера.

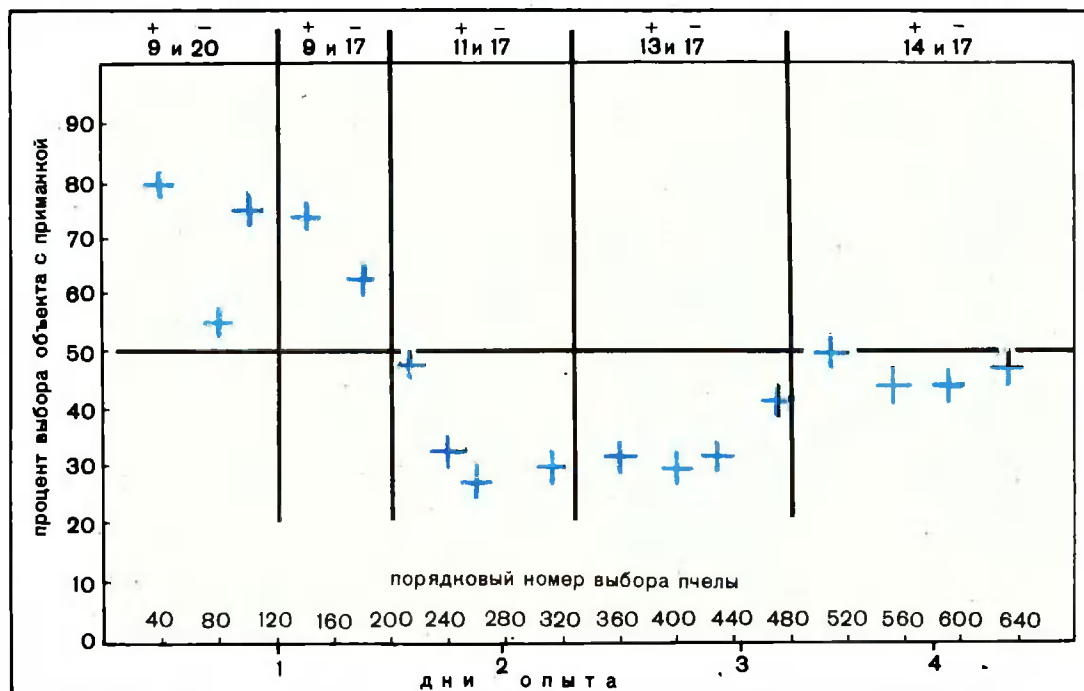
При решении этих задач в течение первых 20—30 прилетов обе пчелы явно предпочитали большую фигуру, хотя и не находили на ней приманку. После нескольких десятков последующих проб они научились выбирать ($p < 0,01$) меньшую фигуру. Затем задачу резко усложнили: уменьшили фигуру без приманки. Пчелы прореагировали на усложнение задачи неожиданным образом: стали выбирать в основном большую фигуру. В течение 100 прослеженных прилетов, они стремились к неподкрепленной фигуре, т. е. вели себя так же, как в начале эксперимента.

же, как в начале эксперимента. Не похожа ли внутренняя мотивация такой реакции пчелы на то подсознательное побуждение, которое движет нашу руку, скажем, чтобы почесать затылок и уклониться от быстрого решения, когда что-либо неожиданно озадачит? Появление перед глазами трудно дифференцируемых фигур вызвало у насекомого реверсию внутреннего управления поведением — совершился переход работы центральной нервной системы с приобретенной в обучении на врожденную программу, реализация которой сопряжена с меньшим психическим напряжением. По поведению пчелы отчетливо видна «борьба» двух тенденций (программ): после усложнения задачи насекомое некоторое время решает ее еще в

соответствии с обучением, хотя и не так уверенно, как перед сменой тестов, но затем скачкообразно побеждает врожденная тенденция, и насекомое стремится в основном к изначально привлекавшему предмету.

Полная картина процесса научения пчелы выбору меньшего объекта вплоть до достижения порога различения размера предстала перед нами в следующем эксперименте. Методическое отличие данного опыта от предыдущих лишь в том, что в нем увеличивали размер подкрепляемой

фигуры, причем до тех пор, пока выбор тестов не стал случайным. Опыт показал психическое утомление в «чистом» виде — снижение уровня правильных выборов после полудня первого дня опыта и на следующий день, затем — реверсию управления поведением при переходе к паре фигур близкой к пороговой и, наконец, случайность выбора подпороговых по различию размера тестов. Обращает на себя внимание тот факт, что уровень правильности выбора после реверсии совпадает с таковым первого этапа обучения,



Изменение поведения пчелы в ходе многодневного научения дифференцировать по размеру две звезды. Вертикальными линиями отделены результаты опытов на фигурах разного размера. В опытах с первыми четырьмя парами фигур $p < 0,01$, в последнем опыте (14 и 17) $p > 0,1$ [фигуры с приманкой помечены знаком '+', фигуры без приманки — «-»].

На рисунке видна полная картина процесса научения пчелы вплоть до достижения порога различения размера предметов. В этом опыте увеличивали размер подкрепляемой фигуры (+) до тех пор, пока выбор тестов не стал случайным.

когда у насекомого доминировала врожденная программа поведения.

Спонтанное, или врожденное, стремление пчелы к большему предмету означает, что в центральной нервной системе насекомого есть готовый алгоритм для опознания большего предмета. Скорее всего, здесь срабатывает система визуальных детекторов размера — интернейронов, узко настроенных на оценку размера¹¹. Возможность научить насекомое выбору меньшего предмета свидетельствует о

¹¹ Мазохин-Поршняков Г. А. Информационная организация и механизмы поведения насекомых. — «Журнал общей биол.», 1975, т. 36, вып. 1.

том, что сигналы детекторов могут переключаться с врожденного («запаянного») канала на ассоциативный канал управления поведением, на тот канал с обратной связью, который работает в ходе научения и обслуживает обучающийся механизм опознания. Однако этот последний механизм опознания с участием большого числа нейронов и требующий, соответственно, большого напряжения центральной нервной системы, работает у пчелы, если различия между стимулами (в нашем случае — различия в размере фигур) не ниже определенного предела. При сближении размера тестовых фигур до величины, близкой к пороговой, что мы называем усложнением задачи, когда сигналы соответствующего детектора становятся трудно различимыми для ассоциативного центра, в центральной нервной системе автоматически включается врожденный механизм опознания, всегда готовый к действию, но до того заторможенный нейронным обучающимся механизмом опознания.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ КОНВЕРГЕНТНЫХ ФОРМ ПОВЕДЕНИЯ

Сравнивая особенности высшей нервной деятельности пчелы при решении сложных зрительных задач с характерными чертами поведения высших животных в сходной ситуации, можно предположить, что феномен реверсии внутреннего управления поведением, как и явление «разучения», — все это проявление «ухода» или уклонения насекомого от решения трудной задачи ради защиты центральной нервной системы от перенапряжения. Несмотря на глубокие различия в устройстве анализаторов и всей центральной нервной системы, у позвоночных и насекомых наблюдаются близкие или даже одинаковые формы сложного поведения.

Последовательное монофилетическое понимание зоологических таксонов полностью исключает признание сколь угодно близкого родства современных высших представителей первично- и вторичноротых и, следовательно, отрицает преемственность морфо-функциональной организации их центральной нервной системы. Поэтому нельзя трактовать сходные у позвоночных и насекомых формы высшей нервной деятельности и поведения как гомологичные, преемственные по происхождению; они возникли явно независимо, но почему стали такими похожими?

На вопрос о причинах развития одинаковых форм поведения у неродственных

животных ответить нелегко. Если исключить допущения, например, о номогенезе (изначальной целенаправленности филогенетического развития) или о гибридном происхождении надвидовых таксонов, как не соответствующие дарвиновскому объяснению эволюции, то остается выдвинуть единственную гипотезу: в самой нейронной организации нервной системы животных заложен некоторый ограниченный круг возможных биологически целесообразных явлений, подобно тому как ползание и хождение по твердому субстрату возникло у всех животных не в силу их родственности друг другу, а просто по причине того, что третье исключено — живое колесо как движитель принципиально невозможно. Иначе говоря, даже тот, казалось бы, малоспециализированный уровень организации тела и его отдельных элементов, на котором разошлись предшественники современных насекомых и позвоночных, видимо, настолько ограничил круг дальнейших возможных эволюционных преобразований нервной системы, что у ныне живущих высших представителей насекомых и позвоночных выработались сходные свойства высшей нервной деятельности и сходные формы поведения. Развитию подобных форм поведения немало способствовало и совпадение основных жизненных потребностей животных разных групп в близких и тем более в одинаковых условиях существования.

К почти такому же выводу пришел М. С. Гиляров, объясняя происхождение очень ярких конвергенций в строении тела и образе жизни, возникших у представителей различных эволюционных ветвей членистоногих на историческом пути освоения ими суши¹². Он считает возможным говорить не только о конвергентном сходстве ряда признаков хелицеровых (паукообразных, многоножек) и насекомых, а даже о некоторой направленности эволюции их адаптивной организации. Направляют эволюцию наземных членистоногих общие принципы организации их тела, выработавшиеся еще в прежней — водной — среде обитания, и принципы наиболее эффективных изменений этой организации применительно к новым условиям — к жизни на суше.

¹² Гиляров М. С. Закономерности приспособлений членистоногих к жизни на суше. М., 1970.

61—62-Й РЕЙСЫ «ГЛОМАРА ЧЕЛЛЕНДЖЕРА»

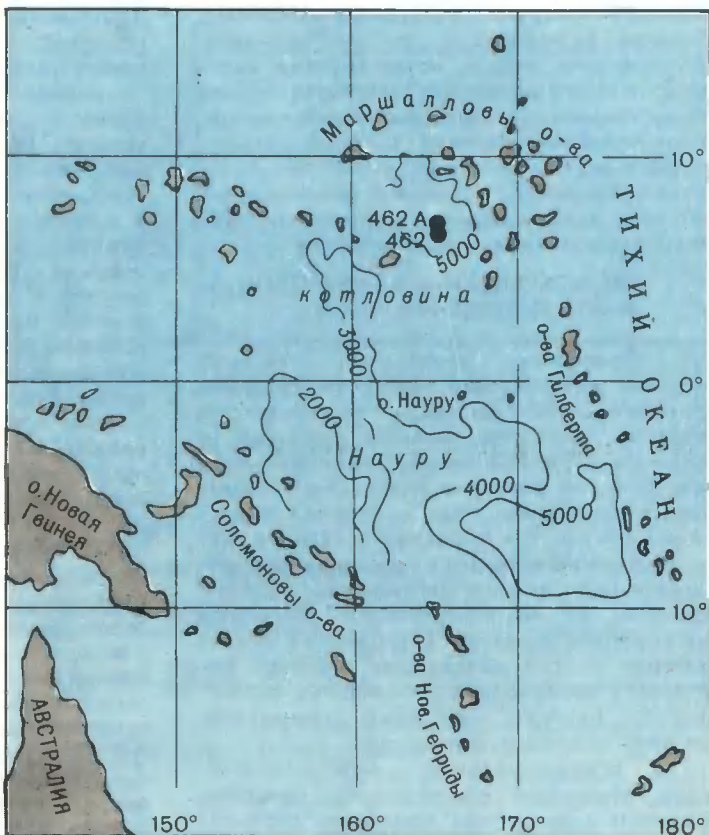
Свыше 10 лет на буровом судне «Гломар Челленджер» выполняются работы по Проекту глубоководного бурения в океанах, которые были начаты в США в 1964 г. С 1973 г. в работах принимает участие АН СССР. В очередных 61-м и 62-м рейсах участвовали советские геологи С. А. Щека и В. И. Копрулин, сообщения которых мы публикуем.

Бурение древней коры Тихого океана

С. А. Щека,
кандидат геолого-минералогических наук
Дальневосточный геологический институт АН СССР
Владивосток

Известно, что толщина земной коры под океанами незначительна по сравнению с континентами. Она не превышает 5—10 км. Океаническая земная кора не только тоньше, но и моложе континентальной: большинство имеющих к настоящему времени определений ее возраста относится к меловому времени (70—140 млн лет). Лишь в отдельных районах океанов методом исследования магнитных аномалий обнаружены более древние юрские породы¹. Одним из таких районов является впадина Науру в западной экваториальной части Тихого океана, расположенная к западу от о-вов Гилберта. Именно туда и направилось 22 мая 1978 г. буровое судно «Гломар Челленджер» для изучения наиболее древних пород, известных в океане.

Судно вышло в 61-й рейс² из порта Агана (о-в Гуам) и завершило его 10 июля в порту Маджуро (Маршалловы



Точки бурения скважины 61-го рейса «Гломара Челленджера». Скважина № 462А расположена на 470 м севернее скважины № 462.

о-ва). Научными руководителями экспедиции были Р. Ларсон (Ламонтская геологическая обсерватория, США) и С. Шлейнджер (Гавайский институт геофизики, США).

В точке с координатами 7°14' с. ш., 165°02' в. д. на глубине океана около 5180 м близка одна от другой были пробурены две скважины: № 462 — на глубину 617 м и № 462А — на глубину 1065,5 м.

Бурение показало, что до глубины 562 м в районе впадины Науру развиты осадочные породы. В составе осадочного разреза отчетливо выделяются три толщи. Верхняя,

¹ При застывании магматической горной породы в ней возникает остаточная намагниченность, отражающая магнитное поле Земли в момент застывания.

² «Geotimes», 1978, v. 24, № 1.

0—297 м, возрастом от современного до олигоценного представлена чередованием известковых и кремнистых (радиоляриевых) илов. Под ней в интервале 297—447 м обнаружены литифицированные, т. е. превратившиеся в породы, осадки сходного состава возрастом от эоцена до позднего мела. Осадки этой толщи представляют собой кремни, мел, известняки. Нижняя, 447—562 м, позднемеловая толща сложена темными вулканокластическими и цеолитовыми песчаниками и алевролитами с редкими прослоями известняков.

Ниже осадочных пород до глубины 1068,5 м залегают базальты с прослоями осадков. Некоторые прослои представлены измененными гиалокластитами — продуктами подводных извержений, состоящими из обломков вулканического стекла. Самый нижний из осадочных прослоев (993—995,4 м), содержащий остатки раннемеловой фауны, включает мелкообломочные конгломераты с галькой базальтов. На контакте с базальтами осадочные породы превращены в красные роговики. В осадочных отложениях выше базальтовой толщи обнаружены остатки мелководных организмов, а в прослоях среди базальтов развит исключительно глубоководный комплекс фауны.

В осадочном разрезе, в возрастном интервале от олигоцена до плиоцена, были встречены заинтересовавшие геологов прослои вулканогенно-обломочных пород. Эти породы состоят из неокатанных обломков толеитовых и щелочных базальтов, долеритов, а также минералов, свойственных щелочным базальтам. Кроме того, в вулканогенно-обломочных породах обнаружены включения таких глубинных минералов, как титанавгит, керсутит, оливин, шпинель, хромдиопсид. Происхождение вулканогенно-обломочных пород связано, по-видимому, с поступлением вулканокластического материала с окружающих впадину Науру островов, где до сих пор столь молодые вулкани-



Кварц-калценошпатовые агрегаты между зернами плагиоклаза. Поляризованный свет. Увел. в 160 раз.

Спинифексовая структура базальта. Поляризованный свет. Увел. в 20 раз.

ческие извержения не были известны.

В разрезе базальтов выделяют два комплекса. Верхний (562—730 м) представлен серией пластообразных тел — силлов, которые образовались при внедрении базальтовой магмы в толщу насыщенных водой осадочных пород. Силлы сложены раскристаллизованны-

ми базальтами (долеритами), отличающимися повышенным содержанием железа и титана. Нижний комплекс представлен излившимся на дно базальтами и долеритами, в которых повышено содержание магния. В разрезе обнаружены внедрения новых порций лавы в ранее застывшие, а также видны подушечные отдельности базальтов — признак подводных излияний лавы. Оба комплекса разделены слоем вулканогенно-обломочных пород с остатками раннемеловой микрофауны.

Вулканические породы впадины Науру, вскрытые скважинами 462 и 462А, во многом

необычны. Обращает на себя внимание их значительная раскристаллизованность. Так, в небольших силах толщиной 20—30 см, под тонкой (3—7 см) оторочкой из вулканического стекла, породы переходят в полностью раскристаллизованные микродolerиты. По данным предварительных химических анализов, выполненных на борту судна, даже на глубине 600 м в базальтах содержится много воды — до 20%.

В процессе кристаллизации базальтовой магмы в крупных силах происходила своеобразная дифференциация вещества (разделение на разные по составу фазы) с выделением остаточного расплава к гранитному. Продукты кристаллизации такого остаточного расплава можно наблюдать в шлифах в виде микрокристаллических агрегатов кварца и полевого шпата с гранофировой структурой. В остаточном расплаве обнаружено также железо в виде хорошо ограниченных кристаллов весьма редкой кремнесодержащей разновидности магнетита. В других случаях дифференциация магмы привела к выделению из расплава более основного по составу (пикритового) вещества. При застывании этой части расплава образовалась своеобразная, напоминающая пучки травы, «спинифексовая» структура (спинифекс — разновидность австралийских трав), изредка наблюдавшаяся в породах дна океана и ранее.

В базальтах Науру широко проявлены низкотемпературные изменения, связанные с взаимодействием магматического расплава и флюидов с морской водой, которые выразились в карбонатизации, хлоритизации, цеолитизации, сульфидизации и окварцевании пород. Однако эти изменения затронули только стекло и оливин, а плагиоклаз и пироксен остались в первозданном виде. По химическому составу базальты впадины Науру значительно отличаются от пород молодого (послемелового) рифтового комплекса Индийского, Атлантического и Тихого океанов, но обнаруживают

близость к породам нижнего железистого комплекса пород указанных структур.

Предварительные результаты бурения во впадине Науру позволяют считать, что высокое содержание железа в базальтах Науру при пониженном содержании титана, накопление остаточного гранитного расплава в процессе кристаллизации магмы, преимущественное внедрение магмы в виде силлов — все эти особенности связаны, по-видимому, с принадлежностью изученного комплекса пород к океанической трапповой формации. Геохимические и петрологические особенности изученных базальтов позволяют предполагать, что выплавление родоначальных магм протекало на небольших глубинах из недифференцированного (богатого железом и титаном) материала.

Древние острова Тихого океана

В. И. Копорулин,
кандидат
геолого-минералогических наук
Геологический институт АН СССР
Москва

62-й рейс научно-исследовательского судна «Гломар Челленджер»¹, во время которого отмечалось 10-летие проекта Глубинного бурения в море, проходил в северо-западной части Тихого океана. Основной, целью экспедиции было исследование изменений ископаемой фауны в этом районе за последние 120 млн лет. В результате этого исследования удалось восстановить геологическую обстановку, существовавшую здесь в мезозойское и кайнозойское время.

Научное руководство осуществляли Т. Валлиер (Управление геологической съемки, США) и И. Тиде (Университет Осло, Норвегия).

Рейс начался 29 июля в порту Маджуро (Маршалловы о-ва) и закончился 7 сентября того же года в порту Гонолулу (Гавайские о-ва). В ходе рейса было пробурено 5 скважин в северо-западной части Срединно-Тихоокеанской возвышенности и на поднятии Хесса. Предполагалось, что именно в этих районах Тихого океана бурением может быть вскрыт наиболее полный разрез верхнемезозойских и кайнозойских осадков, богатых ископаемыми организмами.

Осадочные образования, пробуренные на Срединно-Тихоокеанской возвышенности и поднятии Хесса, отвечают интервалу времени от современной эпохи до раннего мела: баррема (около 115 млн лет) — в скважине № 463; позднего альба (106 млн лет) — в скважинах № 464, № 465А, № 466.

Во всех скважинах нижнемеловые осадки представлены серыми, зеленоватыми, реже розовыми тонкокристаллическими или обломочными известняками, образовавшимися за счет разрушения ранее сформировавшихся карбонатных осадков. Размер обломков варьирует от долей миллиметра до 2—3 мм. Осадочные породы имеют горизонтальную, волнистую или косую слоистость, а также содержат значительную примесь пеплового и глинистого материала, обрывки растительных тканей, особенно обильные в глубоких горизонтах. В скважине № 463 в основании разреза встречены неслоистые карбонатные брекчии. В этой же скважине в раннем апте (114 млн лет) обнаружены прослои туфов и «черных сланцев» — известняков, содержащих до 4—5% растительного органического вещества. Горизонты туфов достигают 3—5 см, а «черных сланцев» — нескольких десятков сантиметров. Слоистые известняки накапливались в прибрежной мелководной зоне с интенсивными волнениями и течениями. Известняки с «черными сланца-

¹ «Geotimes», 1978, v. 24, № 2.

ми» сформировались в более глубоководных условиях. Ныне те и другие известняки лежат на глубине более чем на 3000 м ниже уровня океана.

Верхнемеловые осадки (65—100 млн лет) состоят из серых или розовых нанопланктонных и фораминиферо-нанопланктонных известняков с включениями кремня, размер таких включений и их количество возрастает вниз по разрезу.

Кайнозойские отложения (современная эпоха — 65 млн лет) представлены серыми и белыми нанопланктонными илами (скважины № 436, № 465, № 465А и № 466), или глинистыми радиоляриевыми илами (скважина № 464), кремнистыми глинами и бурыми цеолитоносными глинами, содержащими окислы железа и марганца. Нанопланктонные илы отвечают умеренным гл-

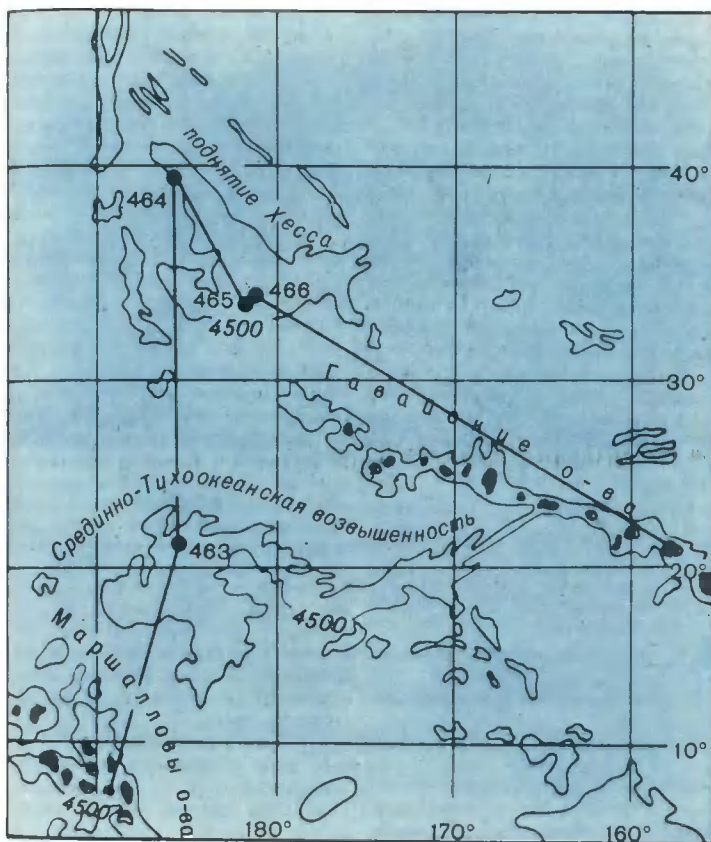
времени: 15—25 млн лет и 49—65 млн лет — скважина № 463; 0—2,5 млн лет и 10—100 млн лет — скважина № 464; 4—57 млн лет и 83—99 млн лет — скважина № 465; 5—38 млн лет, 49—69 млн лет и 71—70 млн лет — скважина № 466.

При бурении скважин № 464 и 465А были достигнуты залегающие под осадочной толщей базальты; в первой скважине по ним пройдены доли метра, а во второй — 66,5 м.

Базальты, вскрытые скважиной № 464, подвергались интенсивному замещению глинистыми минералами, что затруднило их изучение. Для базальтов скважины № 465 характерна пилотаксовая структура — ориентированное расположение зерен полевых шпатов. Зачастую эти базальты окрашены в буровато-красный цвет и содержат пустоты до 5 мм в диаметре, заполненные кальцитом, доломитом, баритом, т. е. минералами, образованными в результате деятельности горячих растворов. Широко развито замещение пород глинистыми минералами. Перечисленные особенности базальтов указывают, что они изливались в мелководном морском бассейне или в наземных условиях.

Предварительное изучение материалов глубоководного бурения в рейсе № 62 судна «Гломар Челленджер» указывает на существование в районе бурения в раннемеловое время участков суши, скорее всего крупных островов вулканического происхождения. В дальнейшем эти острова погрузились ниже уровня океана, причем глубина погружения возрастала с течением времени.

Палеомагнитные измерения, изучение сообществ ископаемых микроорганизмов и скоростей накопления осадков позволяют предположить, что за время от конца раннего мела до современной эпохи район поднятия Хесса испытал значительное перемещение в направлении на северо-запад; из районов приэкваториальной части южного полушария в район его современного местоположения.



Точки бурения скважин 62-го рейса «Гломара Челленджера». Сплошной линией показана изобата 4500 м.

По условиям накопления — это осадки умеренных глубин океана, причем илы с высоким содержанием фораминифер отложились в более мелководных условиях.

бинам океана, а радиоляриевые илы, кремнистые и цеолитоносные глины — сравнительно глубоководным участкам океана.

Для осадков кайнозойского и верхнемелового возраста характерно большое число перерывов в их накоплении. Они охватывают в каждой из скважин следующие интервалы



Карпатский рододендрон

М. С. Александрова,
кандидат биологических наук
Главный ботанический сад
АН СССР

А. С. Мельник
Институт ботаники АН УССР

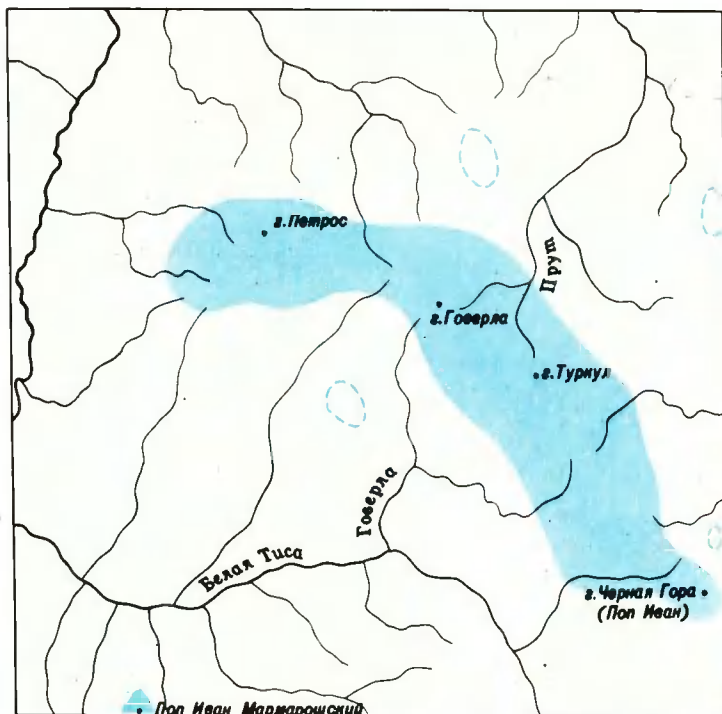
Восточные Карпаты в пределах СССР называют Лесистыми, так как больше половины территории этого горного региона покрыто лесами. Дубовые леса равнин и предгорий сменяются буковыми, а те, в свою очередь, постепенно уступают место смешанным и чистым еловым лесам. В естественных горных лесах Карпат 300-летние буки, ели и пихты достигают 50 м высоты.

Но не только могучими лесами замечателен этот край. Здесь от кромок леса, расположенной на высоте 1500—1600 м, и до скалистых вершин расстилаются заросли кустарников и высокогорные луга — полонины. По красоте, разнообразию растительности, а также по истории их формирования эта территория относится к уникальным ландшафтам нашей страны.

Во флоре Карпат насчитывается свыше двух тысяч видов, среди которых особой научной и хозяйственной ценностью отличаются растения высокогорий. Тут сосредоточена преобладающая часть редких, реликтовых и эндемичных видов.

К настоящему времени уже более 50 видов растений Карпат включены в «Красную Книгу СССР». Однако, как показали исследования, это только небольшая часть растений, которые в настоящее время нуждаются в охране.

На территории Восточных Карпат к растениям, которые встречаются только в высокогорье и чей естественный ареал сильно сокращается, в первую очередь следует отнести рододендрон Кочи (*Rhododendron kotschyi*), названный в честь



Распространение рододендрона Кочи на территории СССР (Восточные Карпаты).

сплошное распространение

отдельные местонахождения

известного австрийского ботаника XIX в. Т. Кочи. Коренные жители Карпат — гуцулы — называют его бердулец, т. е. растение крутых склонов и утесов.

Рододендрон Кочи, или восточнокарпатский, — это вечнозеленый густоветвистый кустарник высотой 0,5—0,8 м из семейства вересковых, единственный представитель рода рододендронов в Карпатах. Его ближайшие родственники: рододендроны жестковолосистый и ржавый (*R. hirsutum*, *R. terugineum*) распространены

в Альпах и на Пиренеях: рододендроны мелколистный и Адамса (*R. parvifolium*, *R. adamsii*) растут в Сибири и на Дальнем Востоке. Все они принадлежат к одному подроду *Osmothamnus*.

Как и все рододендроны, этот вид отличается высокими декоративными качествами. Особенно красив горный ландшафт в местах произрастания рододендрона в период его цветения, когда на фоне темно-зеленой блестящей листвы выделяются крупные розовые соцветия, состоящие из 3—7 цветков. Встречаются и растения с белыми цветками. Период цветения вида довольно продолжительный — от конца мая на более теплых южных склонах до конца июля на северных склонах и более высоких вершинах.

Растет рододендрон Ко-

чи на высоте от 1500 до 2000 м над ур. м. в местах с глубоким снежным покровом и защищенных от ветра — в седловинах и других понижениях, под выступами скал. Он образует или плотные коверные заросли, или отдельные куртины и кусты среди горной сосны и можжевельника, на каменистых альпийских лугах, а также встречается на каменных россыпях.

Рододендрон произрастает на склонах различной экспозиции. Он светолюбив и занимает преимущественно солнечные места. В растительных сообществах вместе с рододендроном можно встретить чернику, голубику, бруснику, вейник, щучку, колокольчик альпийский и различные виды мхов. Почвы, на которых растет рододендрон, бурые, дерново-луговые, торфянистые, зачастую с выходом на поверхность коренных пород, представленных в Черногоре песчаниками и конгломератами, а в Мармарошских Альпах — кристаллическими сланцами и гнейсами.

В настоящее время граница сплошного ареала рододендрона Кочи на территории СССР проходит по северному и южному склонам Черногоры на высоте 1500—1600 м от гор Петрос и Говерла на западе до горы Поп Иван Черногорский на востоке. Верхний предел распространения вида достигает вершин массива, так что практически по всему высоко-

горью Черногорского хребта встречаются заросли или отдельные куртины растений.

За пределами сплошного ареала рододендрон встречается в восточнокарпатских массивах Свидовце (гора Близница), в Горганах (горы Синяк, Хомяк), в Чивчицах и Мармарошских Альпах (гора Поп Иван Мармарошский).

По данным некоторых исследователей флоры Карпат, в прошлом этот вид имел большее распространение. Сокращение ареала является в основном следствием значительного влияния человека на растительный покров не только предгорий, но и лесного и высокогорного поясов Карпат.

Рододендрон Кочи как третичный реликт и ценное декоративное растение заслуживает абсолютной охраны и внесен в «Красную Книгу СССР».

Часть территории, на которой произрастает рододендрон, включена в состав Карпатского государственного заповедника, однако на остальной части своего ареала растение постоянно подвергается уничтожению скотом при выпасе, а также туристами и отдыхающими, число которых с каждым годом увеличивается.

Сейчас, как никогда раньше, остро стоит вопрос о заповедании территорий, на которых, наряду с рододендроном, произрастают такие редкие реликтовые и эндемичные растения Восточных Кар-

пат, включенные в «Красную Книгу СССР», как европейская кедровая сосна (*Pinus cembra*), ягодный тис (*Taxus baccata*), альпийский зальвейс (*Leontopodium alpinum*), розовая родиола (*Rhodiola rosea*) и многие другие.

Наиболее правильным путем сохранения естественных ландшафтов вместе с присущими им растительными сообществами, а тем самым сохранение генофонда ценных растений данного региона, представляется создание в Карпатах национального или ландшафтного парка, в котором, наряду с достаточно широкими рекреационными зонами, были бы предусмотрены и абсолютно заповедные территории.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Александрова М. С. РОДОДЕНДРОНЫ ПРИРОДНОЙ ФЛОРЫ СССР. М., 1975.

Стоянов Н. и Китанов Б. ВИСОКОПЛАНИНСКИТЕ РАСТЕНИЯ В БЪЛГАРИЯ. София, 1966.

Чопик В. ВИСОКОГІРНА ФЛОРА УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ. Київ, 1976.

НОВЫЕ КНИГИ

Ботаника

В. И. Парфенов. ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА БЕЛОРУССИИ. Минск, «Наука и техника», 1978, 104 с., ц. 60 к.
Н. В. Козловская. ФЛОРА БЕЛОРУССИИ, ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЕЕ ФОРМИРОВАНИЯ, НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ. Минск, «Наука и техника», 1978, 128 с., ц. 90 к.

В двух книжках, рассчитанных на широкого читателя и в значительной мере

дополняющих одна другую, белорусские ученые — директор Института экспериментальной ботаники В. И. Парфенов и заведующая гербарием этого института Н. В. Козловская — просто и вместе с тем компетентно рассказывают о природной флоре и растительности Белоруссии и о воздействии на нее человека. Несмотря на равнинное положение Белоруссии, ее растительный мир достаточно разнообразен; через территорию республики про-

ходят границы распространения многих видов растений. На основе дифференцированного рассмотрения этого разнообразия и специальных исследований по динамике антропогенных изменений растительного покрова Белоруссии, авторы излагают систему мероприятий, необходимых для охраны растительного мира, как уже осуществленных, так и проектируемых.

ПЕРВОПРОХОДЕЦ АРКТИКИ

100 лет назад, в 1878—79 гг. впервые в истории мореплавания на судне «Вега» был пройден Северный морской путь из Атлантического в Тихий океан. Руководил экспедицией Нильс Адольф Эрик Норденшельд, выдающийся полярный исследователь и естествоиспытатель, член Стокгольмской и Петербургской академий наук. В этом номере читатель прочтет об экспедициях Норденшельда и его связях с русскими учеными.

Экспедиции Норденшельда в Арктику

М. Э. Аджиев,

кандидат экономических наук,

Всесоюзный заочный финансово-экономический институт

В. Ф. Бурханов,

доктор экономических наук, инженер-контр-адмирал,

Лаборатория региональных проблем Севера Совета по изучению производительных сил при Госплане СССР

Норденшельда часто называли «любимцем Арктики», ее баловнем. И не случайно — больших чем он открытий здесь, пожалуй, не сделал никто.

Нильс Адольф Эрик Норденшельд родился 18 ноября 1832 г. в Гельсингфорсе (ныне Хельсинки).

Фамилию Норденшельдов носили многие известные государственные деятели, ученые и путешественники. Отец Норденшельда, Нильс Густав, крупный минералог, возглавлял горный департамент Финляндии и был членом-корреспондентом Петербургской Академии наук. Он участвовал во многих геологических экспедициях, часто выезжал за границу. Его рассказы, бесспорно, и определили выбор сыном жизненного пути.

В 1844 г., сдав экстерном экзамены за курс гимназии, Норденшельд поступил

на физико-математический факультет Гельсингфорского университета. Его интересы были весьма разнообразными, но особенно увлекали геология и минералогия. Во время каникул Норденшельд обычно совершал геологические экскурсии в различные районы Финляндии: уже в эти годы он проявлял способности исследователя и ученого-аналитика.

После окончания университета Норденшельд вместе с отцом побывал на Урале, на Тагильских железных и медных рудниках Демидова.

Вскоре Норденшельд защитил ученую степень магистра, после чего последовала целая серия научных работ по широкому кругу проблем химии, минералогии и зоологии. Он быстро добился должности куратора в университете и одновременно инженера в горном департаменте.

Все складывается как нельзя удачно. Однако 30 ноября 1855 г. на университетском банкете Норденшельд произносит речь, в которой осуждает проводимую царским правительством политику русифи-



НИЛЬС АДОЛЬФ ЭРИК НОРДЕНШЕЛЬД.

18.XI.1832 —12.VIII.1901.

кации Финляндии. На следующий день эта речь была напечатана в шведских газетах и генерал-губернатор великого княжества Финляндского (так именовалась Финляндия с 1809 по 1917 г.) уволил Норденшельда из горного департамента и предупредил о возможной ссылке за пределы страны в случае повторения подобных высказываний. Однако Норденшельд в 1857 г. вновь повторяет свои идеи на университетском торжестве, где ему была присуждена степень доктора. На это раз Норденшельда лишили права занимать какую-либо должность в университете.

Не стерпев обиды, Норденшельд решил покинуть Финляндию. Однако загра-

ничного паспорта ему долго не выдавали, и Норденшельд в трескучий рождественский мороз отправился на коньках через Ботнический залив в Стокгольм. На первый взгляд — мальчишеская выходка, недостойная серьезного ученого. Но для хорошего спортсмена такой переход не составил особых трудностей и в тоже время позволил обойтись без унизительной процедуры, связанной с выдачей паспорта. В этом эпизоде — весь Норденшельд: вспыльчивый, решительный, смелый, но умеющий, однако, спокойно взвешивать все шансы.

В Стокгольме его имя уже было известно. Его, 26-летнего ученого, вскоре

избирают в члены Стокгольмской академии наук.

В 1858 г. Норденшельд впервые отправился в арктическое плавание на Шпицберген. В то время этот архипелаг, как впрочем и в наши дни, считался классическим полигоном для полярных исследований. С большими трудностями яхта «Фритюф» достигла тогда южного берега Западного Шпицбергена.

Молодому ученому удалось обнаружить ископаемые растения третичного периода и выходы мощных известковых напластований, относящихся к карбону. После анализа собранных образцов Норденшельд высказал смелое предположение о промышленных запасах каменного угля, залегающих в этих отложениях. Гипотеза в дальнейшем блестяще подтвердилась.

В следующую экспедицию на Шпицберген Норденшельд отправился летом 1861 г. В ней была нанесена на карту значительная часть береговой линии Шпицбергена, проведена геологическая съемка, доказано, что Гольфстрим достигает северной оконечности архипелага, что было чрезвычайно важно для организации судоходства.

Первые поездки на Север определили судьбу научных интересов Норденшельда, на всю жизнь связали его с Арктикой. Именно тогда он сформировался как полярный исследователь.

В третьей экспедиции на Шпицберген в 1864 г., во время которой была проведена геодезическая съемка южного побережья Западного Шпицбергена, Норденшельд уже участвовал как руководитель. По возвращении в Стокгольм он занялся обработкой полученных результатов и сразу же приступил к подготовке своей четвертой поездки на Шпицберген.

Его имя приобрело уже широкую известность. Поэтому финансирование экспедиции взяли на себя купцы Гетеборга, судно — пароход «София» — предоставил король Оскар, а научное снаряжение — Шведская академия наук. Особо деятельное участие в финансировании принял шведский коммерсант О. Диксон, который впоследствии стал постоянным покровителем полярного путешественника.

20 июля 1868 г. «София» отправилась в путь. На пять дней путешественники высадились на о-в Медвежий, чтобы составить его точную карту. Геологические пробы позволили предположить, что остров является остатком некогда обширной тер-

ритории, соединяющей Шпицберген со Скандинавией.

Прибыв на архипелаг, Норденшельд оставил там, в районе Айсфьорда, группу исследователей, а сам повернул на запад. Он решил попытаться проникнуть к берегам Гренландии. Однако попытка не удалась — тяжелые льды преградили путь судну.

Вернувшись на Шпицберген, Норденшельд намеревался изучить околополюсную область океана. «София» достигла тогда 82° с. ш. Так далеко на север не заходил еще ни один корабль. Однако корпус судна не выдержал ледового напора, образовалась течь, и путешественники вернулись назад.

Через некоторое время ученый замыслил дерзкую попытку пересечь Гренландию с запада на восток. Но дорога из-за пересеченного рельефа оказалась нелегкой. Норденшельду вместе с ботаником А. Бергеном и двумя эскимосами удалось пройти за неделю лишь 50 км, но и за столь короткое время были сделаны описания гренландских ледников, собраны богатые ботанические коллекции.

В 1872 г. Норденшельд отправился в свою пятую и первую зимнюю экспедицию на Шпицберген, во время которой на Западном Шпицбергене была организована первая постоянная станция для регулярных наблюдений.

24 апреля 1873 г. после зимовки Норденшельд двинулся с 16 спутниками на север, чтобы проникнуть как можно ближе к полюсу. Груз тянули на 3 санях. Люди, ослабевшие после трудной зимовки, достигли только о-ва Парри (где организовали еще одну полярную станцию) — дорогу на север закрывали высокие торосы...

6 августа 1873 г. суда вернулись домой, почти год пробыв на Шпицбергене. Был доставлен обширный научный материал, исследована доселе практически неизвестная Северо-Восточная Земля. Наконец, Норденшельд получил необходимый опыт зимовки, пригодившийся ему впоследствии. Таким образом, несмотря на неблагоприятные условия, ученый смог выполнить большую часть научной программы.

Таким образом, 15 лет своей жизни Норденшельд отдал Шпицбергену. Северный архипелаг сделал его известным полярным исследователем. Вклад Норденшельда в изучение Шпицбергена трудно переоценить. Его исследования считаются классическими; после них Шпицберген



Начальный пункт экспедиции на «Веге» — Тромсе.

перестал быть «белым пятном» на картах.

Если первый этап научной биографии Норденшельда можно назвать «шпицбергеновским», то вторым по праву считается «сибирский». Он начался, по нашему мнению, еще в 1868 г. Именно тогда в Скандинавию приехал известный сибирский золотопромышленник Михаил Константинович Сидоров, человек, влюбленный в Сибирь, страстно мечтавший об организации северного мореплавания. Можно полагать, что он приехал специально для знакомства с Норденшельдом.

Рассказы Сидорова о Карском море, о сибирских реках, о морских течениях чрезвычайно заинтересовали Норденшельда.

В 1869 г. он писал Сидорову: «Как идут дела с Вашим проектом северо-полярного плавания? Я очень интересуюсь им и охотно бы принял участие в таком предприятии. Однако я думаю, что нахождение правильного пути и времени года для путешествия на Обь удастся не прежде, как при точном разузнавании положения льда в Карском море. Для достижения этой цели надо было бы послать к западному берегу Новой Земли на промысловых судах небольшие, но в научном отношении хо-

рошо снаряженные экспедиции, откуда весьма удобно было бы послать сухопутную экспедицию на восточный берег острова, дабы оттуда исследовать положение льда»¹.

Сидоров отвечал: «Проект мой северного мореплавания находится в следующем положении: в ноябре, бывши в г. Тенберге, я заключил с г. Фойном условие, по которому он обязался отдать мне в аренду паровой свой клиппер... Я успею исходатайствовать у нашего Правительства позволение на право входа иностранным судам в Обь и Енисей... Относительно же вопроса о положении льдов в Карском море, то я имею уже некоторые сведения частью от русских промышленников, частью от норвежского Карлсена... Впрочем, еще на днях поручено мною одному господину, уехавшему на самоедский полуостров (Ямал), между Карским морем и Обским заливом, собрать на нем различные сведения о льдах от кочующих племен...

Ваши труды и советы, как одного из самых опытных полярных мореплавателей и геологов, были бы верным ручательством

¹ Студитский Ф. История открытия морского пути из Европы в сибирские реки и до Берингова пролива, ч. 1, СПб., 1883, с. 142.



Михаил Константинович Сидоров.

за успех этого дела»². Так заканчивается письмо.

Сидоров, чтобы привлечь смельчаков к реализации своего проекта, установил крупный денежный приз капитану, чье судно первым достигнет из Европы устья Оби или Енисея. Объявление об этом было напечатано во многих зарубежных и русских журналах, но единственным решившимся на столь рискованное мероприятие стал Норденшельд.

Однако, пока шла затянувшаяся переписка Норденшельда с Сидоровым, английский капитан И. Виггинс на пароходе «Диана» в 1874 г. совершил первое плавание по Карскому морю. Он подошел к Обской губе. А в районе Енисейского залива открыл два неизвестных острова, впоследствии названных о-вом Вилькицкого и о-вом Шокальского.

Успех капитана Виггинса заставил Норденшельда поторопиться. 8 июня 1875 г. его парусное судно «Превен» отбыло из Тромсе в сторону Северного Ледовитого океана, 28 июня достигло Новой Земли и пошло вдоль ее западного побе-

режья на север, часто останавливаясь для проведения научных наблюдений.

Выйти в Карское море через пролив Маточкин Шар не удалось — судно едва не было раздавлено льдами. Пришлось спешно повернуть на юг. Лишь 31 июля «Превен» вошел в Карское море через пролив Югорский Шар.

Дул слабый ветер, судно медленно продвигалось вперед, что, однако, позволяло вести метеорологические, гидрологические и астрономические наблюдения. 8 августа «Превен» прошел к берегам Ямала, а 15-го уже был у входа в Енисейский залив и отдал якорь в гавани у одного из безымянных островов. Норденшельд назвал остров в честь своего финансового покровителя О. Диксона, а пролив, отделяющий остров от материка — Превен. Впоследствии он пророчески писал: «Я надеюсь, что гавань эта, ныне пустынная, некогда превратится в сборное место для множества кораблей, которые будут способствовать сношениям не только между Европой и Обским и Енисейским речными бассейнами, но и между Европой и Азией»³.

Отправив «Превен» назад, Норденшельд с 5 спутниками поплыл вверх по Енисею на маленькой шлюпке, проводя по пути визуальные наблюдения. 31 августа путешественники пересели на пароход «Александр» и, добравшись на нем до Енисейска, направились сухим путем на родину. Всюду полярного героя встречали с большими почестями. Некогда изгнанный из России, он был принят в Петербурге министрами и царем. Вместе с Норденшельдом успех разделил и Сидоров, инициатор этой экспедиции.

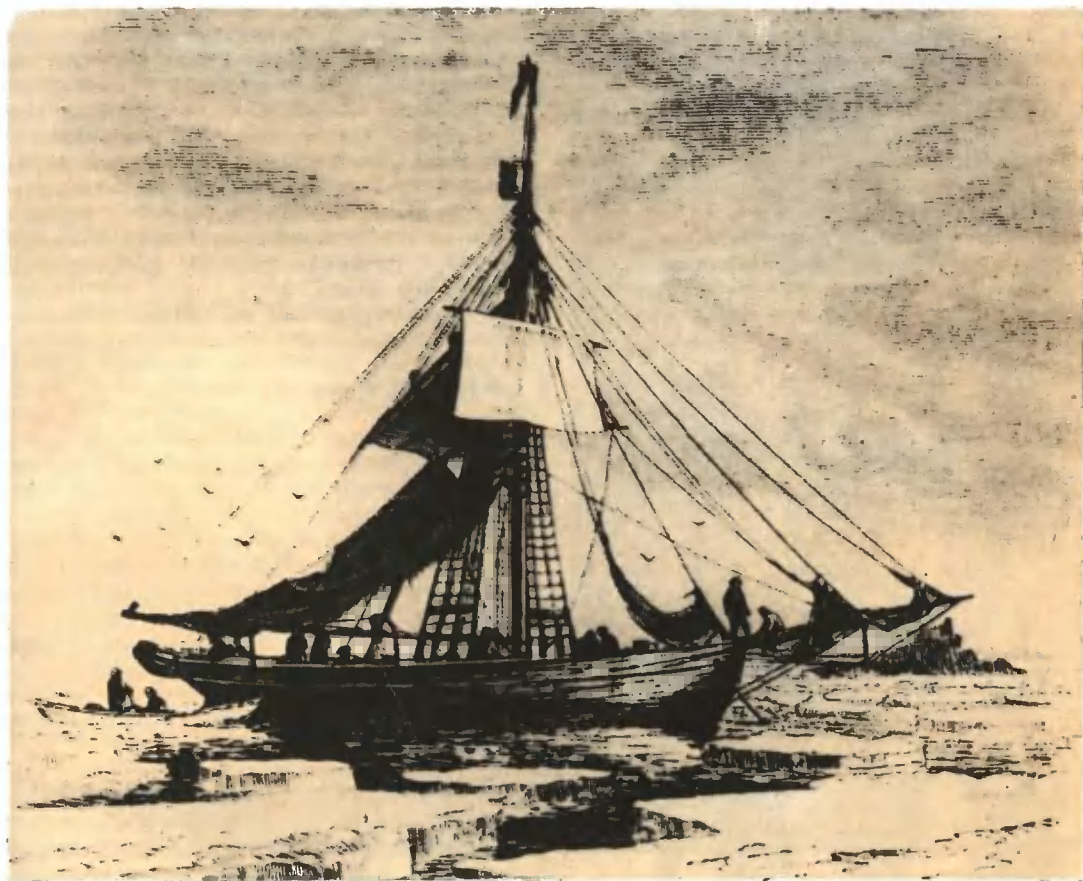
Чтобы доказать, что успех первого плавания отнюдь не случаен, в следующем 1879 г. Норденшельд на судне «Имер» предпринял к устью Енисея новую экспедицию.

На этот раз экспедиция разделилась на две группы. Первая — под руководством Г. Тэля, участника первого плавания к Енисею, должна была добраться до Красноярска и оттуда спуститься вниз по Енисею. Сам Норденшельд до Енисея должен был дойти морем.

Пароход «Имер» отправился в плавание из Тромсе 25 июля 1876 г. Сразу за проливом Маточкин Шар, уже в Карском

³ Норденшельд А. Экспедиция к устьям Енисея 1875 и 1876 годов. СПб., 1880, с. 42.

² Там же, с. 143.



Норвежское судно «Превен», на котором Норденшельд совершил в 1875 г. экспедицию на Енисей.

море путешественников встретил сплошной лед. Оценив ситуацию, Норденшельд принял единственное верное решение: узкой полосой чистой воды между берегом и кромкой льда «Имер» пошел на юг. Через день Карские Ворота лежали уже позади, путь на восток был свободен. 16 августа «Имер» стал на якорь в устье Енисея, ожидая группу Тэля. Выгрузив товары в Кореновском зимовье близ поселка Гольчиха, 1 сентября судно снялось с якоря. 22 сентября экспедиция вернулась в Тромсе.

Научный результат этих двух плаваний Норденшельда, несомненно, значителен. Собраны ценнейшие коллекции флоры и фауны Карского моря и приенисейского района. Продолжено планомерное изучение Северного Ледовитого океа-

на. Эти плавания дали бесценный опыт, без которого Норденшельд не смог бы осуществить свой исторический поход на «Веге».

В своем отчете о плавании на «Имере» Норденшельд пишет: «Правильное морское сообщение, в течение небольшой части года, между Сибирью и Западной Европой не представляет риска и большей опасности, чем те, каким подвергаются моряки на многих других путях, ежегодно посещаемых тысячами судов»⁴.

Мысль об освоении Северо-Восточного прохода зародилась у Норденшельда еще до плаваний к устью Енисея. Бесспорно, его переписка и встречи с такими патриотами Сибири, как Сидоров и Сибиряков, сыграли в этом далеко не последнюю

⁴ Студитский Ф. История открытия морского пути из Европы в сибирские реки и до Берингова пролива, ч. 1, СПб., 1883 г., с. 226.

роль. Успех двух плаваний к устью Енисея не без оснований позволял реально надеяться на успех. В своей книге о плавании на «Веге» Норденшельд пишет: «Основываясь на опыте этих двух плаваний и используя знания, приобретенные за это время, а также приняв во внимание прежнее, в особенности русские, исследования северного побережья Азии, а полагал себя вправе считать установленным, что путь, которым я два года подряд свободно проходил до устья Енисея через Карское море, вероятно, свободен и на дальней-

А. Стуксберга. Гидрологическими и метеорологическими работами должны были заниматься лейтенант шведского флота Э. Брузевиц, лейтенант итальянского флота Д. Бозе и лейтенант датского флота А. Говгард. От Русского Географического общества в интернациональной экспедиции принял участие поручик русской гвардии О. Нордквист, переводчик и зоолог. Капитан А. Палландер возглавил команду «Веги», состоящую из 21 добровольца шведского флота.

При подготовке экспедиции Норден-



Путь «Веги» в 1878—79 гг.

шем своем протяжении до Берингова пролива и что, таким образом, возможно плавание вокруг Старого Света»⁵.

После долгих поисков выбрали для новой экспедиции подходящее судно. Им оказался пароход «Вега», построенный в Бремерхафене в 1872—1873 гг. из лучшего дуба и предназначенный для китобойного промысла. Кроме паровой машины в 60 лошадиных сил, корабль водоизмещением в 357 регистровых тонн был оснащен парусами. Специальная ледовая обшивка обеспечивала пригодность судна к плаванию в Арктике.

Руководить зоологическими и биологическими работами Норденшельд пригласил старых друзей — Ф. Чельмана и

шельд особое внимание обратил на запасы продовольствия и научного оборудования. Приборы для наблюдений и научных работ предоставила Шведская академия наук. Провиант закупался в самых различных местах и в большинстве своем продукты обладали противогниготными свойствами. Продовольствие бралось на два года. Без преувеличения можно сказать: было учтено практически все, и столь тщательная подготовка явилась одной из составляющих успеха.

А об уверенности Норденшельда в успехе плавания можно судить по следующей записи: «На основании всех данных, мне кажется вероятным, что хорошо снаряженное паровое судно может осенью в течение нескольких дней пройти этим путем (между мысом Челюскина и Беринговым проливом), не встретив слишком много препятствий, по крайней мере, со стороны льдов...»⁶.

⁵ Норденшельд А. Е. Плавание на «Веге», т. 1, Л., 1936, с. 3—4.

⁶ Там же, т. 1, с. 43—44.

Цель экспедиции заключалась, по мнению Норденшельда, не только в освоении Северо-Восточного прохода, но и в научных наблюдениях во время плавания.

Экспедиция отправилась из Тромсе 21 июля 1878 г. Сперва «Вега» сопровождали три судна, до Енисея пароход «Фразер» и парусное судно «Экспресс», груженные углем и товарами для Сибири, а до Лены — небольшой, специально построенный на средства Сибирякова пароход «Лена».

Неподалеку от Нордкапа суда расстались и встретились лишь 30 июля у селения Хабарово на берегу Югорского Шара. Здесь решили сделать первую остановку.

После короткого отдыха 1 августа корабли вошли в Карское море. Погода стояла прекрасная. Море было свободно ото льда.

Через неделю все четыре судна бросили якоря в гавани Диксона. А спустя два дня «Фразер» и «Экспресс» отправились на Енисей. Пополнив с этих судов свои запасы угля, «Вега» и «Лена» 10 августа вышли в море. Курс их лежал на самый западный из островов, показанных на старинных картах против входа в Пясинскую губу, и названный Каменным.

Небольшие скалистые островки, не помеченные на картах, заставили снизить скорость. Густой туман и узкие проливы между островками еще более затрудняли плавание. Вскоре появился плавающий лед. Суды шли теперь вдоль северо-западных берегов Таймыра. Из-за туманов четыре дня простояли в бухте Актиния, названной так Норденшельдом из-за множества выловленных здесь актиний. Во время всех стоянок путешественники не упускали случая осмотреть окрестности и произвести научные наблюдения.

18 августа «Вега» и «Лена» снялись с якоря и продолжили путь на восток. На следующий день в тумане появились очертания далеко вдающегося в море мыса. Это был мыс Челюскин. 19 августа в 6 часов вечера корабли обогнули его и встали на якорь в небольшой бухте. Норденшельд пишет: «Теперь мы достигли великой цели, к которой в течение столетий напрасно стремились люди. Впервые у самой северной оконечности Старого Света стояло на якоре судно»⁷.

В ознаменование этого достижения



Зимняя одежда членов экспедиции на «Вега».

на «Вега» и «Лене» вывесили флаги, грянул салют.

Здесь экспедиция пробыла 2 дня. Нужно было с помощью астрономических приборов точно определить координаты мыса. Как-то Норденшельд заметил большую стаю гусей, пролетающую на юг. Это позволило ему предположить, что стая летела с полярной земли, расположенной к северу от мыса Челюскин.

Норденшельд не ошибся. Если бы не туман, возможно, он и сам увидел бы далеко на севере очертания неизвестной тогда земли. Это — Северная Земля, ко-

⁷ Там же, т. 1, с. 385.



«Вега» и «Лена» салютуют мысу Челюскин (по рисунку А. Говгарда).

торую открыла лишь в 1913 г. экспедиция Б. Вилькицкого.

От мыса Челюскин Норденшельд пошел было прямо на восток к Новосибирским о-вам, надеясь открыть неизвестные земли. Однако туман и лед вынудили отказаться от этого намерения. Пришлось повернуть на юг к чистой воде и держаться на расстоянии 7—10 км от берега.

Сделав краткую остановку у о-ва Преображения, суда повернули на восток. Вскоре они приблизились к дельте Лены. Здесь «Вега» в ночь с 27 на 28 августа рассталась с «Леной», которая пошла на Якутск. Заметим, что «Лена» долгое время оставалась единственным пароходом на этой реке и проплавала более пятидесяти лет, лишь в 30-е годы XX в. ее списали на слом.

А «Вега» продолжала путь на восток. При подходе к Новосибирским о-вам снова оказался рыхлый лед, сильно замедливший ход судна. Ближе к о-ву Столбовому глубины уменьшились до 6—7 м. Норденшельд предполагал высадиться на берег о-ва Большой Ляховский, к которому они подошли 30 августа, но прибрежные льды восприпятствовали этому.

Миновав 3 сентября Медвежий ост-

рова, «Вега» взяла курс на мыс Шелагский. 6 сентября с этого мыса к судну подошли две лодки с чукчами. Это была первая встреча с людьми на всем протяжении от Югорского шара до мыса Шелагского.

Распрощавшись с чукчами, Норденшельд продолжил плавание. Идти пришлось осторожно, около самого берега, в так называемой прибрежной полынье. Ледовая обстановка заметно ухудшалась. Молодой лед тем временем все больше покрывал полынью. Продвигаться вперед становилось все труднее. Скорость судна падала катастрофически.

12 сентября «Вега» вновь на 6 дней прервала свой путь, укрывшись в маленькой бухте от громадных плавучих льдин. По мнению Норденшельда, эта остановка и стала главной причиной задержки на целый год. Но путешественники продолжали рассчитывать на успех. Норденшельд пишет: «Никому из нас тогда и в голову не приходило, что мы вмерзнем во льды и что вместо тропической жары мы испытаем в течение ближайших десяти месяцев полярную зиму на открытом рейде, при постоянных метелях и при температуре, часто падавшей значительно ниже точки замерзания ртути»⁸.

⁸ Там же, т. 2, с. 113.



Зимний вечер в кают-компани на «Вега».

27 сентября «Вега» достигла Колычинской губы...

Место зимовки корабля было в полутора километрах от берега. На берегу устроили склад продовольствия на случай гибели судна при внезапном сжатии. Для магнитных и метеорологических наблюдений построили ледяной домик-обсерваторию. От судна к обсерватории протянули канат, чтобы не сбиться с пути во время метелей. Магнитные наблюдения проводились четыре раза в сутки. Показания метеоприборов записывались шесть раз в сутки.

В течение всей зимы в каютах поддерживалась температура от $+1$ до $+17^{\circ}\text{C}$, по ночам, правда, она иногда опускалась и ниже. Но никто не заболел. Высок был и моральный дух членов экспедиции. Норденшюльду удалось образцово организовать зимовку. Без работы не сидел никто.

Неподалеку от «Веги» находились два чукотских стойбища. Посмотреть на диковинный корабль приезжали на собаках или оленях чукки из самых отдаленных стойбищ. В тот год многие из них голодали, и Норденшюльд по мере возможности помогал им, щедро расплачиваясь даже за самую ничтожную услугу продоволь-

ствием. Нордквист успел изучить даже чукотский язык, и по возвращении из экспедиции опубликовал первый словарь чукотского языка, а также подробно описал жизнь и быт чукчей.

6 октября 1878 г. на судно прибыл староста чукчей-оленьеводов Василий Менка, представитель русской власти на Чукотке. Норденшюльд отправил с ним письмо губернатору в Иркутск и просил передать его содержание шведскому королю. Несмотря на все старания, в Иркутск письмо доставили только 10 мая 1879 г., а спустя шесть дней о судьбе полярной экспедиции узнал весь мир.

10 июля 1879 г. вокруг судна началась сильная подвижка льдов. В тот же день «Вега» тронулась в путь. Десять долгих месяцев зимовки прошли. Был собран богатый научный материал о Чукотке, о восточном секторе Северного Ледовитого океана. Таким образом, даже вынужденную задержку Норденшюльд обратил на пользу науке.

До самого Тихого океана «Вега» не встретила льда. 20 июля обогнули мыс Восточный, восточную оконечность Азии.

Норденшюльд переименовал этот мыс в мыс Дежнева в честь отважного русского казака Семёна Дежнева, 230 лет назад обогнувшего впервые эти земли.

Вот что писал Норденшюльд: «...После того как большинство сведущих



Бургомистерские ворота на о-ве Бааверен (с фотографии, снятой Норденшельдом в 1864 г.).

в мореходстве людей объявили предприятие невозможным, Северо-Восточный проход был наконец открыт. Это произошло благодаря выдержке, усердию и находчивости наших моряков и дисциплине, поддерживаемой их начальством; произошло без единой человеческой жертвы, без заболеваний среди участников экспедиции, без малейшего повреждения судна и при условиях, показывающих, что то же самое может быть повторено ежегодно и выполнено в течение нескольких недель»⁹.

Пройдя Берингов пролив, путешественники обследовали побережье Чукотки и Аляски, а в начале сентября 1879 г. прибыли в Японию. Дальнейшее плавание «Веги» было сплошным триумфом.

Вечером 24 апреля 1880 г. после почти двухлетнего отсутствия «Вега» вошла в Стокгольм. Отважных мореплавателей приветствовали пушечным салютом. Торжества продолжались несколько дней. Норденшельд и капитан «Веги» Палландер были удостоены титула барона и ежегодной пенсии.

Русское правительство наградило Норденшельда и Палландера орденами.

Научные результаты экспедиции на «Веге» были очень значительны. Во многих местах уточнена береговая линия на карте. Систематический промер глубин по всему пути следования имел огромное значение для дальнейшего мореплавания у берегов Сибири. Получены ценные данные, характеризующие климат арктических морей. Благодаря стараниям Нордквиста, собран интересный материал о чукчах.

Но главный результат экспедиции в другом — Норденшельд убедительно разведал миф о «непроходимости» Северного морского пути и открыл дорогу всем будущим исследователям!

После окончания экспедиции Норденшельд составил подробное описание плавания на «Веге» (почти сразу же переведенное на все основные европейские языки) и затем издал результаты научных наблюдений в пяти томах.

Последние годы жизни до 1901 г. Норденшельд посвятил преимущественно истории картографии: собрал богатейшую, единственную в мире, коллекцию старинной географической литературы и карт «зачаточного периода картографии». А его два изданных капитальных атласа по своему научному значению приравнивались современниками к плаванию на «Веге».

⁹ Там же, т. 2, с. 276—277.

Связи Норденшельда с учеными России

В. М. Пасецкий,

доктор исторических наук

Главная геофизическая обсерватория
Ленинград

В 1871 г. Нильса Адольфа Эрика Норденшельда, совершившего к этому времени уже 5 полярных путешествий, посетил в Швеции П. А. Кропоткин, который писал в письме к брату Александру: «Самый развитой и радикальный из попадавшихся мне — это Норденшельд, из Стокгольма. — Но знаешь, чье влияние на нем сильно заметно и о ком он вспоминает с большим увлечением, Бакунина (он был с ним лично знаком) и Герцена. Он же общительнее всех и любезнее и натура более нараспашку. Он много жил с русскими, хорошие друзья его молодости были русские, и теперь он с русскими часто встречается»¹.

Действительно, с отроческих лет будущий великий полярный исследователь был знаком с «остроумным обществом» русских ученых, которые нередко были гостями семьи Норденшельдов, в молодости общался с такими выдающимися русскими естествоиспытателями, как Н. И. Кокшаров, А. В. Гадолин, К. М. Бэр, А. Ф. Миддендорф. Норденшельд-ученый был дружен и переписывался с П. А. Кропоткиным, Ф. Б. Шмидтом, Д. И. Менделеевым, С. О. Макаровым и другими выдающимися русскими учеными.

Известно более 60 писем Норденшельда к русским коллегам. Из них около 40 только недавно обнаружены в различных архивах СССР. Многие идеи Норденшельда развивались в трудах русских ученых. Однако в русской литературе связи Норденшельда с русской наукой пока не освещались. О некоторых отдельных штрихах из истории связей Норденшельда с русскими учеными и хотелось бы рассказать.

В «Записках революционера» Кропоткин писал, что провел в 1871 г. «не-

сколько счастливых дней вместе с Норденшельдом»². В дальнейшем Кропоткина и Норденшельда связывали близкие естественнонаучные интересы: оба они долгое время работали над проблемой оледенения Европы и Сибири. Впоследствии Кропоткин испытывал чувство удовлетворения от того, что его замысел обогнуть северо-восточным путем Евразию осуществил близкий ему по духу и научным интересам человек. Общим наставником и другом Норденшельда и Кропоткина был выдающийся геолог и историк Ф. Б. Шмидт, с которым Норденшельд переписывался не менее четверти века по вопросам истории изучения Русского Севера и естественной истории Сибири.

Именно Шмидт по поручению Русского географического общества встречал «Вегу» в Стокгольме и вручил Норденшельду 26 апреля 1880 г. высшую награду общества — Большую золотую Константиновскую медаль.

Шмидт рассмотрел труды Норденшельда и дал блестящую оценку, подчеркнув, что в научных исканиях этого ученого видна «гениальность, которая не довольствуется следованием по протоптанному пути, открывает новые горизонты и воззрения, весьма плодотворные для дальнейшего развития науки»³. По представлению, составленному им совместно с А. В. Гаголиным, Н. И. Кокшаровым и Г. И. Вильдом, Норденшельд был избран членом-корреспондентом физико-математического отделения Петербургской академии наук. Этот диплом был вручен Норденшельду вскоре после возвращения «Веги» в Стокгольм.

К избранию в члены-корреспонденты Петербургской академии наук Норденшельд был представлен одновременно

¹ Кропоткин П. и А. Переписка, т. 2. М.—Л., 1933, с. 249.

² Кропоткин П. А. Записки революционера. СПб., 1906, с. 300.

³ ЛО ААН СССР, ф. 2, оп. 17, д. 7, л. 72.

с Д. И. Менделеевым. Они были почти ровесниками, научные контакты между ними начались в дни их молодости, когда оба они занимались исследованием ортита. Узнав от Н. И. Кокшарова о желании Норденшельда иметь в своей коллекции этот минерал, Менделеев поделился частью своих образцов с коллегой из Гельсингфорса. К сожалению, в научном архиве Менделеева не удалось обнаружить ни одного письма Норденшельда. Неизвестно, когда контакты двух ученых переросли в дружбу. Достоверно только, что великий русский химик называл Норденшельда своим другом во многих работах и, наконец, в окончательном тексте записки «Об исследовании Северного Ледовитого океана», в которой Менделеев тщательно исследовал путь экспедиции на «Веге» по полярным морям России и ее океанографические наблюдения.

Плавания Норденшельда оказали определенное влияние на убеждение Менделеева в возможности освоить Арктику, включая ее центральную область⁴.

После триумфального возвращения «Веги» из плавания вокруг Азии и Европы Норденшельд приехал в Россию, где его встречали на торжественном собрании Русского географического общества.

Руководитель Русского географического общества П. П. Семенов-Тянь-Шанский отмечал: «Рассмотрев и разработав свои наблюдения в различных местах полярного круга начиная от Гренландии и Шпицбергена до устьев Енисея и сравнив их между собой, изучив все, что было написано русскими мореплавателями о их путешествиях о более восточных частях Северного океана, Норденшельд пришел к убеждению, совершенно противоположному тому, которое господствовало уже в течение столетия и по которому считалось невозможным найти проход из Карского моря в Берингов пролив. Он, напротив, пришел к заключению, что хорошо построенный и снаряженный корабль может пройти через Ледовитый океан и выйти из него через Берингов пролив.

С силою воли и убеждения, которые в соединении с редкими дарованиями составляют то, что мы называем гением, Норденшельд предпринял свое знамени-

тое путешествие, и это предприятие увенчалось блестящим успехом»⁵.

По словам П. П. Семенова-Тянь-Шанского, «для великого ученого это путешествие было такой же простой вещью, как открытие Америки для Колумба».

Русское географическое общество выразило свое восхищение трудами Норденшельда, доказавшего возможность проплыть всем Северо-Восточным проходом.

Занимаясь обобщением результатов плавания на «Веге», Норденшельд увлекся историей древней картографии и создал два всемирно известных труда — «Facsimile Atlas» и «Periplus», в которых были собраны старинные карты.

Своими картографическими находками Норденшельд охотно делился с русскими коллегами, при содействии которых собирал сведения о редких минералах, метеоритах и старинных картах. Как видно из письма Норденшельда от 28 июня 1891 г., он консультировался с заведующим отделом картографии Публичной библиотеки в Петербурге Н. Ф. Бокачевым, когда готовил к изданию свой «Periplus».

Ученого интересовали старинные рукописные карты Европы и Северной Азии, и в особенности России в целом. Одну из первых карт России Норденшельд отправил сначала своему старинному другу горному инженеру М. Н. Харькову, а затем начальнику департамента иностранных сношений Министерства иностранных дел Ф. Р. Остен-Сакену, некогда много путешествовавшему по России и несколько лет являвшемуся ученым секретарем Русского географического общества.

«Интерес, который Вы всегда выказывали к географическим исследованиям, обязывает меня послать Вам через моего друга...» — писал Норденшельд, — факсимиле небольшой карты России 1537 г., которая, по-видимому, до сей поры ускользала от внимания русских географов и которая, вероятно, является самой древней печатной картой России, основывающейся на реальных наблюдениях, сделанных за последние столетия.

Эта карта по виду кажется весьма незначительной, но она отличается поразительной точностью по сравнению с картами, опубликованными Видом Мюнстером и Герберштейном (1540—1555 гг.).

⁴ Менделеев Д. И. Об исследовании Северного Ледовитого океана. — В кн.: Освоение Крайнего Севера, т. 1. М.—Л., 1957, с. 274.

⁵ Семенов-Тянь-Шанский П. П. Речь в честь профессора Норденшельда. Изв. РГО. 1881, в. 1, с. 129.

Одновременно посылаю Вам кальку карты Сибири, начерченной в Тобольске и скопированной в Москве шведским дипломатом Прютцом 8 января 1669 г. Она мне кажется очень интересной и даже важной для старинной картографии Сибири. Похожа ли она на карту, имеющуюся в России⁶? Речь идет о шведской копии карты Петра Годунова, считавшейся утерянной. В 1887 г. в журнале «Имер» Норденшельд опубликовал статью об этой карте, которую Норденшельд считал первой картой Северной Азии, основанной на действительных наблюдениях.

В течение десятилетий Норденшельд поддерживал тесные контакты с Петербургской Академией наук и такими ее всемирно известными учреждениями, как Главная геофизическая обсерватория и Пулковская астрономическая обсерватория.

Можно считать, что Норденшельд был одним из зачинателей шведско-русского научного сотрудничества в области метеорологии и геофизики. Так, через русского посланника в Стокгольме Норденшельд обратился к ученым России с письмом по вопросу совместного изучения атмосферной пыли. 3 мая 1892 г. в Скандинавии и северной части Германии выпало большое количество пыли вместе с дождем и градом, которая, как показал химический и микроскопический анализ, не являлась пылью вулканического происхождения.

«Таким образом,— писал Норденшельд в Главную геофизическую обсерваторию России,— для дождя 3 мая нет другого выбора, как между гипотезой о космическом неземном происхождении пыли и предположением, что пыль была перенесена нам ветром из сухих стран нашей планеты. Наиболее близкая к нам местность, отличающаяся сухостью, это южно-русские степи. Чтобы решить этот вопрос, весьма интересный и важный для истории нашей планеты, было бы весьма желательно сравнить пыль 3 мая с пылью степей. Не представляется ли поэтому возможным получить несколько проб пыли (несколько дециграммов) из русских степей, собранной, например, с крыш, колоколен и других высоких зданий»⁷.

Образцы пыли и результаты наблю-

дений в районе Пинска, Елизаветополя, Мариуполя, Крыма, Подольской губернии были незамедлительно высланы Норденшельду. Исследователь сравнил полученные из разных областей России образцы пыли с пылью, которая одновременно выпала в Финляндии, Швеции, Дании и Германии.

«Сердечно благодарю за образцы пыли, которые недавно были мне присланы,— писал Норденшельд Г. И. Вильду.— К сожалению, количество было слишком незначительно для химического анализа.

Чем больше я углубляюсь в изучение выпавшей атмосферной пыли, тем более убеждаюсь, с одной стороны, в большом значении этого вопроса с научной (метеорологической, геологической и космологической) точки зрения, с другой стороны, в том, что истинное объяснение этого феномена может быть получено лишь после того, как исследователь получит доступ к нескольким хорошим монографиям, сопровождаемым химическими и микроскопическими анализами. До конца этого года я надеюсь переслать Вам работу о выпадении пыли 3-го мая 1892 г., разработкой которой я сейчас занят»⁸.

Идея о возможном выпадении на землю вещества из космического пространства, высказанная Норденшельдом, впоследствии была тщательно проанализирована и развита В. И. Вернадским в капитальном труде «История минералов земной коры».

Норденшельд был также инициатором совместных русско-шведских исследований по измерению дуги меридиана на шпицбергенском архипелаге, которые должны были дать важный материал для точного суждения и фигуры земли. Планировались также магнитные, метеорологические и геологические наблюдения.

Инициатива Норденшельда встретила горячую поддержку со стороны Петербургской Академии наук. 28 марта Норденшельд вместе с Г. Миттаг-Леффлером и Э. Едерингом приехали в Петербург, чтобы обсудить с русскими учеными программу рекогносцировочной экспедиции в 1898 г., которой предстояло расставить сигналы для предстоящих геодезических измерений.

⁶ Овчинников Р. В. Письмо Норденшельда в Русское географическое общество. Скандинавский сборник, в. 4. Таллин, 1959, с. 48.

⁷ Норденшельд А. Э. Письмо по поводу пыли 3 мая.— «Метеорологический вестник», 1892, № 11, с. 441—442.

⁸ ЛО ААН СССР, ф. 210, оп. 1, д. 150, л. 1.

Именно в этот приезд в Петербург Норденшельд встречался со многими учеными России, дарил свои труды, портреты, карты. Много беседовал с Менделеевым об арктических льдах. Проанализировав плавание на «Веге», карты, гидрографические и ледовые исследования экспедиции, Менделеев готовился к полярному путешествию на ледоколе «Ермак», строительству которого Норденшельд придавал важное значение.

Но главным образом Норденшельд занимался хлопотами о шпицбергенской экспедиции. То внимание, которое было проявлено со стороны Академии наук, ее комиссии, ученых и дипломатов, говорило о том, что давно задуманное им научное предприятие на этот раз непременно осуществится. Он вернулся в Стокгольм исполненный веры в успех великого дела.

Осенью 1898 г. русские специалисты Ф. А. Бредихин, О. А. Баклунд и Б. Б. Голицын и Ф. Н. Чернышев приехали в Швецию для ознакомления с результатами рекогносцировочной экспедиции. На этой встрече было решено приступить к широким работам в следующем году. Правда, при обсуждении научных задач выяснилось, что некоторые шведские ученые ставили на первый план геодезические работы. Их русские коллеги, к которым присоединился и Норденшельд, напротив, считали, что следует использовать все средства для придания экспедиции возможной разносторонности и что преобладание тех или других работ в каждый отдельный момент будет зависеть от физико-географических условий.

После долгих прений было решено, что шведские ученые совместно с русскими геофизиками примут участие не только в геодезических, но и метеорологических и магнитных исследованиях.

В конце 1898 г. стало известно, что русское правительство выделило на научные работы на Шпицбергене 100 тыс. золотых рублей, что составляло по тем временам огромную сумму. Столько же выделил и шведский риксдаг.

В июне 1899 г. большая экспедиция покинула берега Норвегии. Однако из-за сложной ледовой обстановки в 1899—1900 гг. измерение дуги меридиана шпицбергенского архипелага не удалось довести до конца.

И в самом начале лета 1901 г. шведские и русские ученые снова направились на Шпицберген, чтобы завершить грандиозное научное предприятие. На помощь

экспедиции был направлен ледокол «Ермак», построенный по проекту знаменитого адмирала и ученого Степана Осиповича Макарова, с которым Норденшельд был хорошо знаком и переписывался по вопросу гидрологических и ледовых наблюдений на «Веге»⁹. Затем Норденшельд поддержал идею Макарова о постройке ледокола «Ермак», создание которого открывало новую эпоху в истории изучения и освоения Арктики. В последний раз они встретились 26 июня 1901 г. в Стокгольме.

«Приближаясь к пристани,— вспоминал Макаров,— я увидел почетного ветерана полярных плаваний барона Норденшельда, который с дней своей ранней молодости и до этого времени с одинаковой настойчивостью продолжает работать на избранном им поприще...

Норденшельд проводил меня на поезд, и в 6 1/2 часов я отправился дальше. Норденшельд просил меня на обратном пути предупредить его, чтобы он успел собрать некоторых из своих друзей.

Неумолимая смерть, однако, стояла уже за плечами его»¹⁰.

Норденшельд еще успел узнать, что «Ермак» в июне оказал помощь шпицбергенской экспедиции и что градусные измерения подходят к концу.

Наш рассказ далеко не полон, но даже он свидетельствует о том, что между Норденшельдом и его коллегами из России шел многолетний обмен материалами и идеями, который служил прогрессу и развитию дружественных отношений между Стокгольмской и Петербургской академиями наук, между Россией и Швецией.

⁹ ЦГАФМФ, ф. 17, оп. 1, д. 328, л. 19—20.

¹⁰ Макаров С. О. Завоевание Арктики. Л., 1943, с. 173.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Дьяконов М. А. ИСТОРИЯ-ЭКСПЕДИЦИЙ В ПОЛЯРНЫЕ СТРАНЫ. Л., 1939.

Визе В. Ю. МОРЯ СОВЕТСКОЙ АРКТИКИ. М.—Л., 1948.

Норденшельд А. Е. ПЛАВАНИЕ НА «ВЕГЕ». Л., 1936.

Островский Б. Г. АДЛЬФ ЭРИК НОРДЕНШЕЛЬД. Архангельск, 1937.

Из истории русско-американских научных связей в XIX в.: Джозеф Генри и Александр Иванович Воейков

Г. К. Цвєрєва



Грант Константинович Цвєрєва, историк естествознания и техники. Автор научных биографий: Прокоп Дивиш, М.— Л., 1965; Аньош Йедлик, Л., 1972; Никола Тєсла, Л., 1974; Георг Вильгельм Рихман, Л., 1977, а также статей в «Природе» (1974, № 3; 1975, № 4 и № 9; 1978, № 6 и др.).

В истории русско-американских научных контактов, равно как и в истории развития метеорологии в США и России в XIX в., весьма плодотворными оказались последствия личного знакомства Дж. Генри и А. И. Воейкова в 1873 г. В ту пору Воейков был в США, интересовался организацией метеорологической службы и работой метеостанций, прогнозированием. Наиболее полную и квалифицированную информацию русский ученый получил в Смитсоновском институте, первым директором которого до конца своей жизни был выдающийся естествоиспытатель Генри.

Своим возникновением институт обязан английскому химику и минералогу Дж. Смитсону. Смитсон учился в Оксфорде. В возрасте 22 лет был принят в Лондонское Королевское общество, работал с видными физиками и химиками того времени: Г. Кавендишем, Г. Дэви, Б. Томпсоном и др. Своими экспериментальными исследованиями Смитсон внес вклад в химию природных карбонатов и силикатов, разработал и внедрил метод микрохимического анализа. В его честь назван цинко-содержащий минерал — смитсонит ($ZnCO_3$).

За три года до смерти Смитсон завещал свое огромное по тем временам состояние (более 105 000 ф. ст.) Соединенным Штатам Америки с тем, чтобы «осно-

вать в Вашингтоне под названием Смитсоновский институт учреждение для развития и распространения знаний среди людей»¹. Биографы Смитсона до сих пор теряются в догадках, пытаясь доискаться мотивации последней воли своего героя. Ведь он никогда не бывал в Америке, не имел там друзей. Согласно одной версии, разочарованный в политическом устройстве Европы, он поверил в легенду, по которой заокеанская республика — земля обетованная, где только и могут его капиталы принести наибольшую пользу народам.

Завещание Смитсона вступило в силу в 1835 г., но только 10 августа 1846 г. после длительных обсуждений и проволочек конгресс США принял решение об учреждении в Вашингтоне Смитсоновского института. На парковой магистрали Молл было построено внушительное здание в ложноромантическом стиле². Главой института считается президент США, а фактическим руководителем является ученый секретарь (директор), входящий в попечительский совет.

¹ Цит. по: Crowther J. G. Joseph Henry — America's Faraday. — «Discovery», 1950, № 10, p. 322.

² После пожара 1865 г. здание было восстановлено в прежнем виде.



Джеймс Смитсон (1765—1829).

Как уже отмечалось, первым на этот пост был назначен Генри, до этого занимавший кафедру физики в Принстонском университете. Как ученый, Генри был уже известен тем, что независимо и одновременно с Фарадеем обнаружил электромагнитную индукцию, открыл явление самоиндукции, сконструировал сильные электромагниты с изолированной многослойной обмоткой, изобрел электрический двигатель и электромагнитное реле. Благодаря его широким познаниям и организаторскому таланту, преданности делу институт в короткое время стал одним из крупнейших научных и культурных центров страны³. Генри являлся также президентом Американской Ассоциации для развития наук, вторым президентом Национальной Академии наук США (с 1868 г.), главой

Философского общества в Вашингтоне (с 1871 г.). Широкий диапазон исследовательской и научно-административной деятельности позволил биографу Генри сказать, что «он — ключ к пониманию науки XIX в. в Америке»⁴.

Для выполнения задач, поставленных перед Смитсоновским институтом, помимо музейной и лекционной деятельности большое внимание с самого начала уделялось издательскому делу. Оригинальные исследования, проводившиеся на средства и под эгидой института, публиковались в томах «Smithsonian Contribution to Knowledge». Первый том был издан в 1848 г. С 1862 г. и по сей день издается сборник «Smithsonian Miscellaneous Collections», в котором публикуются статьи преимущественно по прикладным наукам. С 1846 г. издаются отчеты института: «Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution» — «Smithsonian Report», содержащие кроме официальной части обзорные статьи по различным отраслям знания и биографии ученых. На одном из своих первых заседаний попечительский совет утвердил устав, который был разослан в ведущие научные учреждения мира. В Ленинградском отделении Архива АН СССР хранится экземпляр этого документа, предназначенный Петербургской Академии наук⁵. Здесь хранятся и бумаги, некоторые из которых подписаны Генри, из которых видно, что в 50—60-х годах Смитсоновский институт не раз обращался к русским ученым с просьбами о высылке литературы, этнологических и археологических экспонатов из «северных краев России» и предлагал передать русским музеям дубликаты своих экспонатов. В бумагах встречаются и сводки метеонаблюдений в США. По данным института за 1870—1877 гг., обмен научной литературой с учреждениями России достигал 150—160 экземпляров печатных изданий в год, а общее количество при обмене с научными учреждениями всех стран достигало 1750—2280 единиц в год.

Первые посещения русскими Смитсоновского института, если не считать дипломатов, аккредитованных в Вашингтоне, датируются, вероятно, всего, 1857 г. Имеется в виду поездка по США писателя и путешественника Э. Р. Циммермана,

³ В настоящее время Смитсоновский институт объединяет Национальный музей естественной истории, Национальный музей истории и технологии, Астрофизическую обсерваторию, Галерею искусств, Музей воздухоплавания и космонавтики и другие научные учреждения.

⁴ Coulson T. Joseph Henry. His life and work. Princeton, 1950, p. 330.

⁵ ЛО ААН СССР, ф. 32, оп. 2, № 50, л. 1—2 об.



Первоначальный вид здания Смитсоновского института в Вашингтоне. С литографии середины XIX в.

которую он совершил вместе с М. И. Хилковым, впоследствии министром путей сообщения. Заручившись рекомендательным письмом от одной петербургской аристократки к тогдашнему президенту США Дж. Бьюкенену (в 30-х годах Бьюкенен был посланником в России), русские путешественники не встречали препятствий в удовлетворении своей любознательности.

Из дневниковых очерков Циммермана, которые публиковались в периодической печати, а затем вышли отдельной книжкой, можно узнать, что после осмотра ряда достопримечательностей американской столицы 6 апреля 1857 г. они побывали в Смитсоновском институте. Циммерман так описывает это посещение: «В зале для чтения познакомились мы с секретарем института, профессором Генри, и он предложил ввести нас во все подробности заведения. Говоря о цели его, секретарь, как ревностный ученый, которому вверены распоряжения по делам института, был вообще недоволен требованиями членов, поставленных во главе управления. Он говорил, что публика, не понимая настоящего смысла завещания, требует, чтобы боль-

ше делалось для виду. Потому принуждены употреблять большие суммы на музей, картинную галерею и пр. Собственно же научная деятельность и распространение знаний пока ограничиваются корреспонденциями с некоторыми учеными обществами в Америке и Европе, печатанием некоторых новейших открытий в науках и публичными лекциями»⁶. Далее автор вполне резонно замечает: «Таково мнение ученого секретаря. Но судить о значении института в настоящее время еще нельзя: всего только десять лет прошло со времени его построения, и потому неудивительно, что во всех частях института видны одни начинания, одни лишь стремления к выполнению идей завещателя... Библиотека пополняется с каждым годом покупкою и разменою книг. Секретарь, между прочим, показал нам книги из России; это были годовые отчеты Петербургской Академии наук и Снегирева «Памятники Москвы»⁷. Кроме того, по части коррес-

⁶ Циммерман Э. Путешествие по Америке. От Нью-Йорка до Чарльстона. — «Русский вестник». Т. XIX, 1859, февр., кн. 1, с. 428.

⁷ Речь идет о книге профессора Московского университета И. М. Снегирева «Памятники московской древности» (М., 1842).



Джозеф Генри [1797—1878]. Портрет работы Генри Элки, 1875 г.

понденции нашли мы здесь нераспечатанные еще пакеты, присланные от нашего астронома Струве⁸»⁹.

Среди русских изданий, которые были в распоряжении Генри и его сотрудников, предпочтение отдавалось трудам по геофизическим дисциплинам. В частности, была популярна работа К. С. Велесовского «О климате России» (1857).

Ряд американских ученых стажировался в России. В рамках данной статьи можно назвать единомышленника Генри, американского метеоролога Кл. Аббе, который в 1865—1866 гг. работал в Пулковской обсерватории.

К моменту поездки в Америку Воейков еще не был всемирно известным метеорологом, новатором в климатологии, одним из зачинателей экологии. Однако тридцатилетний член Императорского Русского географического общества (ИРГО) и Австрийского метеорологическо-

го общества уже опубликовал ряд статей, привлечших к нему внимание научной общественности.

Воейков был неутомимым путешественником. Путешествия были для него страстью и необходимой компонентой служения науке. За свою жизнь он объездил три континента, а Россию — вдоль и поперек. Внучата племянница ученого Н. Ильина пишет о нем: «За редким исключением путешествовал за свой счет. Говорил: кто ездит не на казенных лошадях, тот ни в чем не зависит от правительства и может многое увидеть»¹⁰. Чтобы раздобыть денег на поездку по Америке и Азии, он продает подмосковную усадьбу.

В начале 1873 г. Воейков прибыл в Нью-Йорк. Изучая работы метеостанций, он побывал в Нью-Хейвене, Бостоне, Филадельфии, Истоне (штат Пенсильвания), работал в Вашингтоне. Особенно волновала Воейкова в то время проблема телеграфных донесений о погоде. В своей статье, появившейся в венском метеорологическом журнале в 1873 г. («К истории телеграфных донесений о погоде»), он подчеркивал, что сама идея возникла в США и что именно Генри с конца 40-х годов «неустанно указывал на возможность и необходимость введения телеграфных донесений о погоде..., что можно усмотреть, читая «*Smithsonian Report*»¹¹. Воейков при этом приводит слова Генри о возможности договориться с телеграфными компаниями о передаче штормовых предупреждений на восточное побережье. Гражданская война в США (1861—1865) помешала осуществлению этого намерения, но уже с 1868 г. директор обсерватории в Цинциннати Кл. Аббе предложил «новый план телеграфных передач, который был принят»¹², — заключает свое сообщение Воейков.

В письмах из Америки Воейков неоднократно возвращался к этой теме. Так, находясь в Левенворте (штат Канзас), он писал в июле 1873 г. М. А. Рыкачеву: «Еду теперь в Денвер... Кажется, я не писал Вам, есть проект устроить метеорологическую станцию на Pikes Peak, одной из высочайших вершин Скалистых гор

¹⁰ Ильина Н. Дядюшка — профессор. — «Наука и жизнь», 1977, № 9, с. 122.

¹¹ Wojeikof A. Zur Geschichte der telegraphischen Witterungsberichte in Amerika — «Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie». B. VIII, 1 Juni, 1873, S. 169.

¹² Там же, с. 170.

⁸ Струве Василий Яковлевич (1793—1864), директор Пулковской обсерватории с 1839 г.

⁹ Циммерман Э. Цит. соч., с. 428.

(14 000 футов) и как уверяют, устройство и содержание телеграфного сообщения будет не труднее, чем на Mt. Washington¹³... Это будет замечательный успех в метеорологии и может быть и в практическом отношении — предсказание бурь окажется полезным»¹⁴. В другом письме из Истона, адресованном Ф. Р. Остен-Сакену¹⁵, он пишет: «Я намереваюсь при- слать в Географическое общество статью об американской системе наблюдений и предсказаний погоды (Signal Service). Это учреждение здесь очень популярно и вообще достигает своей цели, т. е. предсказания обыкновенно верны. Пример Соединенных Штатов может быть очень полезен для нас, так как показывает, чему подражать и что изменить. Изменить пришлось бы многое, так как система, приня- тая здесь, далеко не совершенна. Расходы далеко не огромны, если принять в расчет, что посылка телеграмм поглощает более половины бюджета Signal Service. У нас телеграф принадлежит казне, следовательно нужно принять в расчет только действительную стоимость телеграмм. Она, конечно, ничтожна. Я не надеюсь, чтоб у нас скоро ввели эту систему, но чем скорее обратить внимание на нее, тем лучше»¹⁶. О недостатках американской метеослужбы Воейков конкретнее пишет в упомянутом уже письме Рыкачеву: «Положение метеорологических станций Signal Service чисто неудачно выбрано, посреди городов и слишком высоко, так что наблюдения термометра и психрометра не дают верного понятия о климате места»¹⁷.

В эпистолярном наследии Генри имя Воейкова впервые упоминается в письме, адресованном в Принстон известному гео- физику А. Гюйо, много сделавшему для организации сети метеостанций в США.



Александр Иванович Воейков (1842—1916).

Генри характеризует Воейкова как ода- ренного метеоролога и просит своего коллегу принять его. Посетил ли Воейков Принстонский университет — неизвестно.

Генри с первого же знакомства распознал в русском путешественнике не праздного гостя, а вдумчивого с широ- ким кругозором метеоролога и привлек его к сотрудничеству. Этому способство- вало и то, что Воейкову не требовался пе- реводчик — он прекрасно владел англий- ским. Прежде всего Воейков по просьбе Генри подготовил для печати лекцию «Метеорология в России», которая была им прочитана в апреле 1873 г. в Фи- лософском обществе в Вашингтоне¹⁸. Он изложил историю и состояние метео- рологии, описал климат России. В частно- сти, Воейков не без гордости писал: «В Ев- ропе нет ни одной метеорологической си- стемы, владеющей изданием наблюдений, равносильных русскому по своему науч- ному значению, так как... оригинальные

¹³ Гора Вашингтон в штате Нью-Гэмпшир.

¹⁴ ЛО ААН СССР, ф. 38, оп. 2, № 120, л. 9.

¹⁵ Остен-Сакен Федор Романович (1832—1916), в 1860-х годах секретарь РГО, впоследствии директор департамента внутренних сношений МИД, почетный член Петербургской Академии наук.

¹⁶ ЦГАДА, ф. 1385, оп. 1, № 1448, л. 4 об. (В данном случае прогноз Воейкова не оправдался. В России использование те- леграфа для погодных оповещений дати- руется началом 70-х годов. См.: Нез- дуров Д. Ф. Очерки развития метео- рологических наблюдений в России. Л., 1969, с. 95.)

¹⁷ ЛО ААН СССР, ф. 38, оп. 2, № 120, л. 9.

¹⁸ Woeikof A. Meteorology in Rus- sia.—«Smithsonian Report». Washington, 1873, p. 276. В 1874 г. по распоряжению Морского министерства эта работа была переведена и издана в России.



Михаил Александрович Рыкачев (1841—1919).

данные, при современном состоянии науки имеют особую важность»¹⁹. Он заканчивает свой труд призывом организовать интернациональную систему телеграфных погодных оповещений, благодаря которой «наши балтийские гавани будут предупреждены о приближении атлантических штормов за много дней ранее их появления, а русские станции на Тихом океане будут в то же время такую же услугу оказывать Калифорнии и Орегону»²⁰.

Вручив Генри рукопись «Метеорологии в России», Воейков снова в пути — по городам и весям западных и южных штатов. По возвращении в Вашингтон он принимает предложение Генри отредактировать объемистый труд профессора астрономии колледжа Лафайета в Истоне Дж. Коффина (1806—1873), умершего незадолго до приезда Воейкова в Вашингтон. Вот что он сообщал по этому поводу в уже упоминавшемся письме Остен-Сакену: «Вы вероятно знаете от Рыкачева, что я взялся окончить второе издание работы Коффина о ветрах (на этот раз и Южное полушарие включено, так что работа называется *Winds of Globe*)²¹, т. е. написать текст. В течение лета таблицы все окончены, и я получил еще выводы для нескольких мест из Петербурга, а на днях Henry писал, что может быть можно будет приложить выводы американской полярной экспедиции. Это было бы очень важно, никогда еще экспедиция не зимовала так далеко на севере»²². Теперь я приехал на несколько дней сюда просмотреть и проверить таблицы и карты. Когда это будет сделано и последняя черновая карта окончена, поеду в Вашингтон и там примусь за работу. Думаю окончить ее с небольшим в два месяца и в конце января ехать в Мексику и Среднюю Америку»²³.

В Вашингтоне Воейков вплотную занялся своими комментариями к огромному цифровому материалу метеонаблюдений, который без его пояснений и обобщений вряд ли имел бы научную и практическую ценность.

«Обсуждение и разбор таблиц и карт «Ветров земного шара» профессора Коффина» Воейков представил в институт в конце 1873 г. Этот труд как неотъемлемая часть коффиновского свода был опубликован в 1876 г.²⁴

²¹ Работа Дж. Коффина «Ветры Северного полушария» вышла в свет в 1852 г.

²² Речь идет об экспедиции Ч. Холла в 1871 г. на «Полярисе» вдоль западного побережья Гренландии. Экспедиция достигла 82°26 с. ш., где в бухте Полярис-Бэй производились метеорологические наблюдения. (См.: Рейт Т. Большой гвоздь. Л., 1973, с. 36).

²³ ЦГАДА, ф. 1385, оп. 1, № 1448, л. 1.

²⁴ Coffin J. H. The winds of the globe, or the laws of atmospheric circulation over the surface of the earth... with a Discussion and analysis of the tables and charts by Alexander Woeikof. — «Smithsonian Contribution to knowledge», v. XX, Washington, 1876.

¹⁹ Воейков А. Метеорология в России. СПб., 1874, с. 10.

²⁰ Там же, с. 48.

В феврале 1874 г. Воейков отправился в путешествие по Центральной и Южной Америке, в котором его сопровождал рекомендованный Генри геолог Дж. Бекер (1847—1919). Обогнув Южную Америку через Магелланов пролив, Воейков добрался до Бразилии. Вспыхнувшая в тех краях эпидемия желтой лихорадки ускорила его возвращение в США. В январе 1875 г., незадолго перед отплытием из Бразилии, он доводит до сведения Рыкачева: «Метеорология в полном пренебрежении в здешних странах, как и в Мексике и Средней Америке. Кое-где существуют станции в главных городах, но... нет центра для надзора за станциями, собирания и печатания наблюдений»²⁵.

Переход на шхуне (из-за карантина рейсовые пароходы не брали пассажиров) до Нью-Йорка длился 31 сутки. И снова Истон, откуда Воейков в марте 1875 г. пишет Рыкачеву: «Приехал 26 февраля. Я пробыл несколько дней в Нью-Йорке, затем поехал в Вашингтон, где думал окончательно устроить все, относящееся до «Winds of the Globe». Но оказался такой беспорядок, что я ничего не добился... Нечего делать, придется еще раз ехать через месяц. Печатание таблиц пока идет, их будет всего около 620 4° и мелких около 40»²⁶. Наконец, его последнее письмо в Петербург из Нью-Йорка в мае 1875 г. «Сегодня я получил Известия Географического общества и Сибирского отдела, многоуважаемый Михаил Александрович, и очень благодарю Вас за посылку. Я не успел еще прочесть посланного, так как здесь всего на несколько часов, и опять еду в Вашингтон. Послезавтра получится первая корректура моей работы о ветрах и нужно ее прочесть с Непгү и сделать необходимые исправления. Есть надежда, что все удастся настолько, что по крайней мере успею прочесть первую корректуру. Я выговорил себе значительное количество экземпляров с несколькими картами...»²⁷. Сделайте одолжение не посылать мне более ничего сюда, так как я взял билет на пароход...»²⁸.

Воейков прекрасно понимал, как нелегко ему будет завершить то, что начато другим. И дело было не только в сделанных им дополнениях: он привел последние сводки русских метеостанций, впервые ввел в научный оборот данные арктических экспедиций Ч. Холла и К. Кольдевея, исследовавшего в 1869 г. восточные берега Гренландии, и другие материалы. В недатированном наброске плана статьи Воейкова есть фраза: «Трудность работы по плану другого»²⁹. В «Обсуждении и разборе...» мы читаем: «Я не могу сказать, как изменились бы взгляды покойного автора с прогрессом теоретической метеорологии за истекшие двадцать лет, равно как в свете все возрастающих фактических знаний. Весьма вероятно, что он продолжал бы главным образом полагаться на индуктивный метод, избегая поспешных обобщений и проявил бы такую же осторожность, как и в других своих трудах»³.

Подход самого Воейкова был другим, дедуктивным. Благодаря широте охвата проблемы и сделанным им обобщениям, отнюдь не «поспешным», работа нашего соотечественника заняла видное место в мировой метеорологической литературе. В своем знаменитом труде «Климаты земного шара, в особенности России», изданном в 1884 г., Воейков во многом опирался на работу, сделанную в Америке. Так, он отмечает: «В 1874 г. по рассмотрении обширного материала для ветров Соединенных Штатов, собранного Коффином, я заметил некоторые общие черты на обширном пространстве и теперь не вижу причины изменить свое мнение»³¹.

Нужно ли говорить, что Генри был очень доволен работой русского коллеги. В предисловии к «Ветрам земного шара» он, в частности, писал: «Институту посчастливилось использовать метеорологические познания и результаты глубоких исследований Александра И. Воейкова, недавно побывавшего в нашей стране, который сделал ряд обобщений и выводов из таблиц и карт...»³².

²⁵ ЛО ААН СССР, ф. 38, оп. 2, № 120, л. 12 об.

²⁶ Там же, л. 14.

²⁷ Один экземпляр оттиска «Обсуждения и разбора таблиц и карт...» с карандашными пометками и добавлениями Воейкова хранится в Архиве Географического общества СССР (ф. 17, оп. 3, № 1).

²⁸ ЛО ААН СССР, ф. 38, оп. 2, № 120, л. 16, об.

²⁹ АГО СССР, ф. 17, оп. 1, № 111, л. 1.

³⁰ Там же, оп. 3, № 1, л. 659.

³¹ Воейков А. И. Избр. соч., т. I. М.—Л., 1948, с. 463.

³² Coffin J. H. The winds of the globe..., p. XII.

Принципы создания шахматных программ

Г. М. Адельсон-Вельский, В. Л. Арлазаров, М. В. Донской

Сейчас уже простыми и понятными кажутся слова «поколение вычислительных машин». В результате коренного изменения схемы построения и, как следствие, принципов ее использования ЭВМ принимает настолько иной вид и изнутри (с точки зрения инженеров-электронщиков), и снаружи (с точки зрения программистов), что можно говорить о новом поколении вычислительных машин. Со времени появления первых ЭВМ такое случалось уже по крайней мере дважды.

Нечто похожее происходит сейчас с программами. Тридцать лет назад возможность использовать ЭВМ для решения хоть каких-нибудь задач была удивительной, и поэтому создатели алгоритмов и программ охотно брались за любую задачу, лишь бы был известен принципиальный алгоритм ее решения. Поиск более эффективного алгоритма считался неоправданно сложным делом. Большие надежды возлагались на создание новых машин, мощность которых будет настолько велика, что позволит применять старые принципы построения алгоритмов к новым задачам.

Сейчас ясно, что мощность машин небеспределельна. И со стороны программистов наивно ожидать существенного повышения мощности ЭВМ в обозримом будущем. Следовательно, требуются новые подходы к построению алгоритмов и программ. В частности, нет эффективных алгоритмов для решения задач искусственного интеллекта. На наш взгляд, это название имеет смысл только как объединяющий термин для всех задач, для решения которых либо нет алгоритмов, либо они не эффективны. По-видимому, если какая-либо из таких задач будет эффективно решена на ЭВМ, она выйдет из круга задач искусственного интеллекта.

Характерным примером задачи ис-

кусственного интеллекта является игра ЭВМ в шахматы. Машины сейчас в шахматы играют, играют неплохо, но, очевидно, что для существенного улучшения качества игры требуются принципиально новые алгоритмы в шахматных программах. В 1950 г. К. Шеннон (США) объявил, что ЭВМ в принципе может играть в шахматы, и даже набросал алгоритм такой игры. Тогда это казалось чудом, и все считали, что если ЭВМ будет играть в шахматы, то, конечно, гораздо лучше человека.

В 1958 г. А. Бернштейном и др. (США) этот алгоритм был впервые реализован в играющей шахматной программе. Оказалось, что программа играет слабо. Это пытались объяснить недостаточной мощностью ЭВМ. Потребовалось двадцать лет, чтобы стало ясно: ни увеличение мощности ЭВМ, ни улучшение деталей схемы Шеннона не приведет к появлению шахматной программы, играющей сильнее чемпиона мира.

ДЕРЕВО ИГРЫ

Цель шахматной программы — выбрать ход из предъявленной ей позиции. Программа, выбирающая ход из любой позиции, может играть с любым противником (и сама с собой), так как партия является последовательностью выборов ходов из шахматных позиций. В шахматной позиции нужно сделать выбор из конечного числа возможностей — допустимых по правилам игры ходов. А в заключительной позиции известен результат: выигрыш, проигрыш или ничья. Изобразим позицию точкой, а ходы, которые можно сделать из нее, — стрелками. Каждый ход ведет в некоторую шахматную позицию, из которой можно сделать несколько ходов (мо-



Георгий Максимович Адельсон-Вельский, доктор технических наук, старший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований АН СССР и ГКНТ СССР. Занимается вопросами дискретного программирования, теорией графов, теорией перебора. Автор (совместно с Диммицем Е. А. и Карзановым А. В.) монографий: *Потоки в сетях*. М., 1975; (совместно с Арлазаровым В. Л. и Донским М. В.) *Программирование игр*. М., 1978.



Владимир Львович Арлазаров, кандидат физико-математических наук, заведующий отделом того же института. Основные научные интересы связаны с теорией перебора, вычислительной техникой, системным программированием. Соавтор монографии: *Программирование игр*.



Михаил Владимирович Донской, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник того же института. Занимается вопросами системного программирования, теорией перебора. Соавтор монографии: *Программирование игр*.

жет быть, ни одного), ведущих в новые позиции и т. д.

Таким образом, с каждой позицией связано так называемое дерево игры из нее¹. Можно доказать, что оно содержит конечное количество позиций. (Для доказательства нужно использовать одно из шахматных правил: признание ничейного результата после троекратного повторения позиции или после пятидесяти ходов

подряд без взятий и продвижения пешек.) Следовательно, перебрав все позиции дерева игры из данной позиции, можно выяснить последствия каждого хода из нее при оптимальной игре обеих сторон и выбрать лучший. Таким образом, для каждой позиции определяется истинная шахматная оценка — выиграна она, ничейная или проиграна. Такой метод выбора можно реализовать в виде программы, которая способна найти лучший ход из любой позиции. Однако для большинства позиций время, необходимое для завершения работы такой программы, практически бесконечно.

¹ Точные определения, формулировки и доказательства можно найти в монографии: Адельсон-Вельский Г. М. и др. *Программирование игр*. М., 1978.

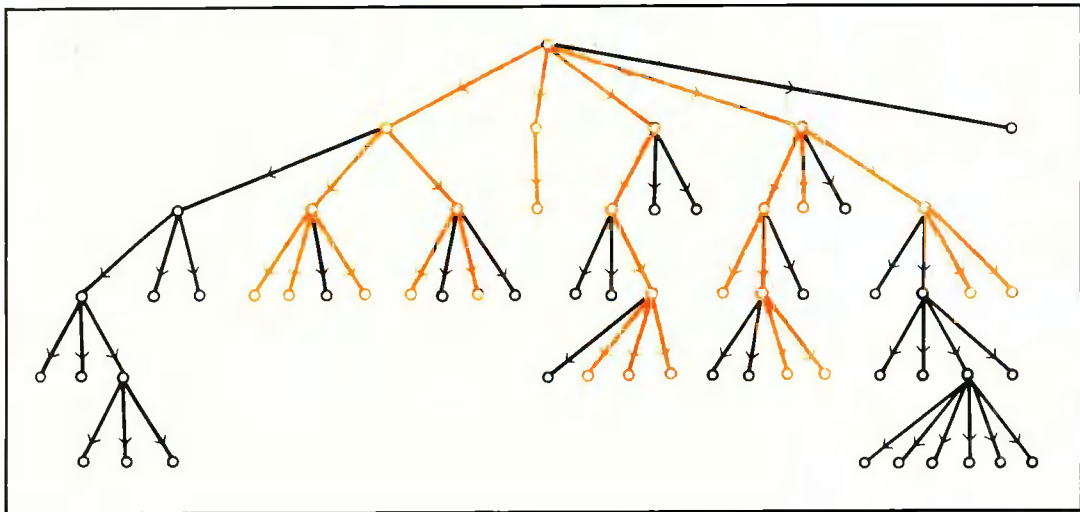
Поэтому ставится задача создать программу, выбирающую ход обязательно за ограниченное время, пусть даже в ущерб его качеству.

ДЕРЕВО МОДЕЛИ ИГРЫ

Сократить время работы программы можно, заменив дерево игры другим, содержащим не очень много позиций. Оно называется модельным или моделью игры и обычно состоит из небольшой части

по-своему. Полный перебор позиций модельного дерева игры позволяет выяснить последствия каждого хода в модельной игре и выбрать лучший, а именно: ход, ведущий в позицию с максимальной модельной оценкой при оптимальной игре обеих сторон.

Пусть из каждой незаключительной (промежуточной) позиции модели разрешен лучший шахматный ход (если их несколько, то хотя бы один), а модельные оценки заключительных позиций соответ-



Дерево игры. В шахматной позиции нужно сделать выбор из конечного числа возможностей — допустимых по правилам игры ходов. Позиции изображены точкой, а ходы, которые можно сделать из них, — стрелками. Каждый ход ведет в некоторую шахматную позицию, из которой можно сделать несколько ходов (может быть, ни одного), ведущих в новые позиции. Таким образом, с каждой позицией связано так называемое дерево игры из нее. Цветом показано дерево модели игры.

позиций и ходов настоящего дерева игры. Из некоторых позиций модели разрешены не все ходы, допустимые по шахматным правилам. Если из такой позиции нет ни одного разрешенного хода (хотя допустимые по шахматным правилам есть), то она называется заключительной в модели. В этом случае нужно определить ее модельную оценку, то есть такую оценку, которая каким-то образом отражала вероятный результат игры из заключительной позиции. В каждой шахматной программе модельная оценка определяется

вуют истинным шахматным оценкам. (Они упорядочены таким образом, что большим значениям истинных шахматных оценок отвечают большие модельные.) Тогда лучший ход из начальной позиции в модельной игре является и лучшим шахматным ходом. Такая модель называется адекватной. Две модели называются адекватными друг другу, если во всех позициях перебор по их деревьям приводит к выбору одинаковых ходов.

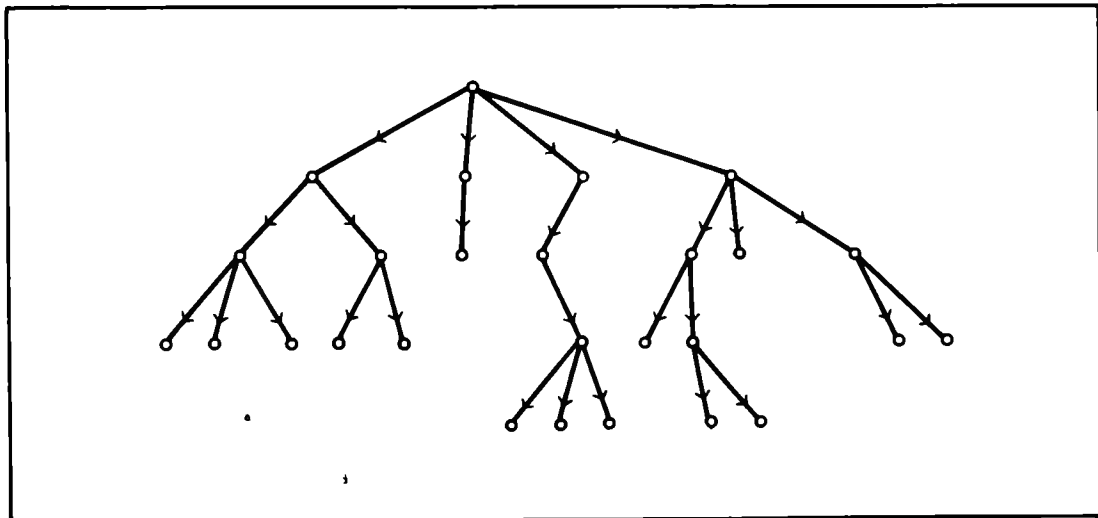
Идеалом шахматного программирования является построение модели, адекватной шахматной игре. Однако пока это приводит к слишком большому дереву. Поэтому использовать такую модель сегодня практически невозможно. Вот почему все сегодняшние программы имеют дело с моделями, не адекватными шахматам, т. е. играют в игру, отличающуюся немного от шахмат. Зато в эту игру они играют абсолютно правильно.

Шахматная программа строит дерево модельной игры в процессе перебора ее

позиций. Рассматривая какую-либо позицию впервые, нужно определить, какие допустимые по шахматным правилам ходы из нее будут разрешены. Если таких ходов нет, значит в модели эта позиция — заключительная и требуется определить ее модельную оценку.

Если же позиция не заключительная, то в следующем цикле перебора нужно либо начать анализ какого-нибудь хода, ведущего из этой позиции, либо вернуться к позиции, из которой мы при-

будет выбран программой. Алгоритмы их вычисления не должны быть слишком трудоемкими, поэтому обычно используется только информация о самой позиции. Мы, как говорится, не двигаем фигуры, т. е. модельные оценки заключительных позиций являются статическими. Для их вычисления нужно дать точные определения так называемых признаков позиции. Некоторые из них определить легко (в первую очередь соотношение материала, затем наличие или отсутствие изоли-



Дерево модели игры. Сократить время работы программы можно, заменив дерево игры другим, содержащим не очень много позиций. Оно называется моделью игры и обычно состоит из небольшой части позиций и ходов настоящего дерева игры.

шли в рассматриваемую. В первом случае следует выбрать, какой именно ход должен рассматриваться в этом цикле перебора. При возврате требуется определить модельную оценку позиции, рассматриваемой в настоящий момент. (С точки зрения техники работы программы дело обстоит не совсем так, но различия не имеют принципиального значения.)

ВЫЧИСЛЕНИЕ МОДЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ

Начнем с вычисления модельных оценок заключительных позиций, поскольку в конечном счете они определяют, какой ход

рованных пешек, потерю права рокировки и т. д.); другие — труднее (слабые пункты, отсталые пешки, в особенности признаки, описывающие подвижности фигур); а от отдельных («плохой» слон, слабость комплекса полей) приходится отказаться, так как они плохо поддаются формализации.

Затем определяется формула оценки. Поскольку действующие программы пользуются линейными формулами, нужно определить веса учитываемых признаков или некоторых их сочетаний. В результате модельные оценки градуированы не так, как шахматные. Последние имеют только три градации: выигрыш, ничья и проигрыш. (Этого даже теоретически недостаточно для успешной игры, так как, например, существуют ходы, не теряющие выигрыша, но и не приближающие к нему.) Модельные оценки, используемые в программах, имеют большее количество градаций (например, позиция выиграна на 90%).

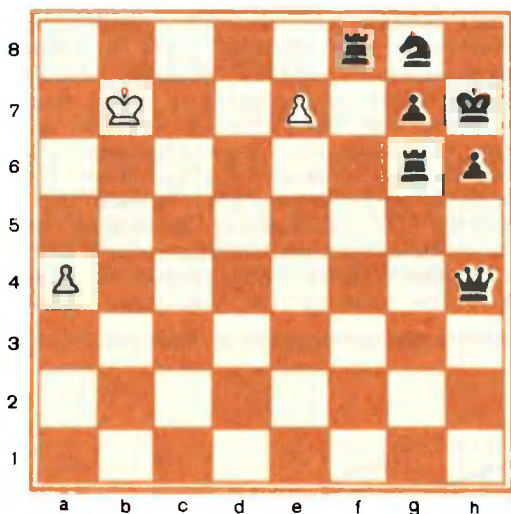


Диаграмма 1.

Белые: Крб7, пп а4, е7 (3)

Черные: Крh7, Лf8, Лg6, Фh4, Кg8, ппг7, h6 (7)

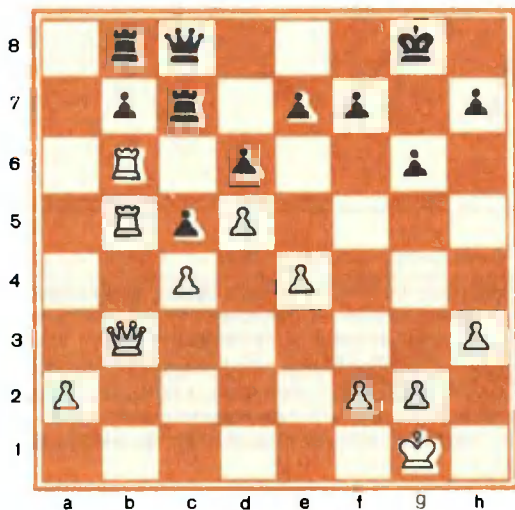


Диаграмма 2.

Белые: Крг1, Фб3, Лб5, Лб6, ппа2, с4, d5, е4, f2, g2, h3 (11)

Черные: Крг8, Фс8, Лб8, Лс7, ппб7, с5, d6, е7, f7, g6, h7 (11)

Совершенствование методов определения статической оценки, по-видимому, может дать лишь ограниченный эффект. В шахматах же чрезвычайно важна динамика. Следующий простой пример показывает, что иногда очень большой материальный перевес не дает возможности добиться даже ничьей. В позиции, изображенной на диаграмме 1, черные проигрывают, хотя у них лишние ферзь, две ладьи и конь: 1. е7:f8K+! Крh7—h8 2. Кf8:g6+ и 3. Кg6:h4. (Любопытно, что, если бы у белых вместо пешки е7 был ферзь, стоящий на любом поле, они проигрывали.) Обстоятельства, определяющие результат игры на этой позиции, значительно легче обнаружить в процессе перебора, чем при помощи усовершенствования способов статической оценки. Поэтому господствует мнение, что статическая оценка и не должна претендовать на их учет.

Более того, многие считают, что вообще незачем особенно заниматься вопросами вычисления модельных оценок заключительных позиций. При этом надежда возлагается на построение моделей, в которых важны только весьма грубые статические признаки заключительных позиций. Однако, если учитывать более тонкие признаки, то можно с успехом пользоваться моделями с меньшим числом позиций. Признаки, учитываемые в модельной оценке, могут даже иметь динамический характер. В позиции на диаграмме 2, как можно выяснить без перебора вариантов (которых, кстати, довольно много), черным нечего противопоставить маневру а2—а4—а5—а6—b7. Таким образом, статическая оценка может учитывать и динамику, что подтверждают хорошо известные каждому шахматисту правило квадрата и правило Шерона, а также теория полей соответствия. Их значение для оценки позиций пешечных эндшпилей очевидно.

МОДЕЛЬ ШЕННОНА

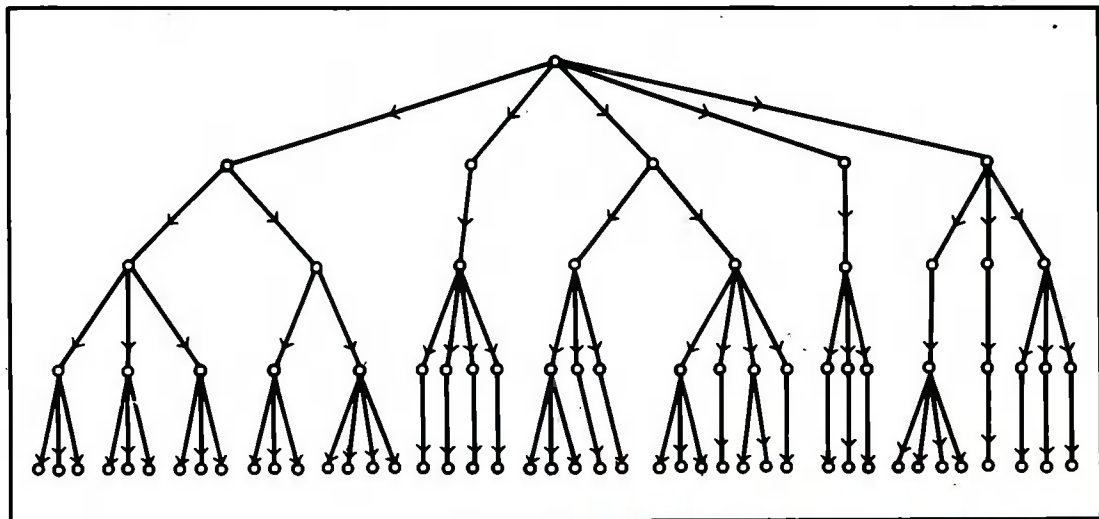
Работ по созданию шахматных моделей было значительно больше, чем исследований методов вычисления модельных оценок.

Простая неадекватная модель и была предложена Шенноном. Здесь необходимо ввести понятие ранга позиции. Это число ходов, ведущих в рассматриваемую позицию из начальной. В модели Шеннона из всех позиций малых рангов, например меньших, чем 4, разрешены любые шахматные ходы. Позиции предель-

ного, в данном случае 4-го, ранга объявляются заключительными. Такая модель имеет явный недостаток, обнаруженный при первых же попытках использования. В ней варианты с незавершенным разменом сравниваются с вариантами без размена или с законченным разменом. Чтобы все размены заканчивались, можно разрешать в позициях больших рангов взятия и только при отсутствии таких ходов считать позицию заключительной. Однако во многих позициях возможны явно бессмысленные взятия. Если разрешить их перебор, это

ванным — взятие, после которого оно по крайней мере восстанавливается. Рассмотрим модель, называемую общей схемой с форсированной игрой на заданную глубину n (n — это предельный ранг позиции). В такой модели из позиции, ранг которой меньше n , разрешены все шахматные ходы, а из позиций n -го и больших рангов — форсированные, форсирующие и, если король находится под шахом, то все шахматные ходы.

Для многих позиций этого достаточно. Сравним в позиции, изображенной



Дерево модели Шеннона при $n=4$, где n — ранг позиции (число ходов, ведущих в рассматриваемую позицию из начальной). В модели Шеннона из всех позиций малых рангов (в данном случае: меньше, чем 4) разрешены любые шахматные ходы. Позиции предельного, в данном случае 4-го, ранга объявляются заключительными.

приведет к безудержному росту числа позиций в дереве.

Разрешенные взятия в позициях шахматных моделей, реально используемых программами, определяются, в общем, одинаково, хотя точные определения и алгоритмы вычисления разрешенности разные. Мы опишем, как это делается в программе «Каисса».

В каждый момент работы программы известно, каково относительное материальное равновесие. Считается, что на относительное материальное равновесие согласны обе играющие стороны. Назовем форсирующим ходом взятие, после которого материальное равновесие нарушается в пользу взявшего; а форсиро-

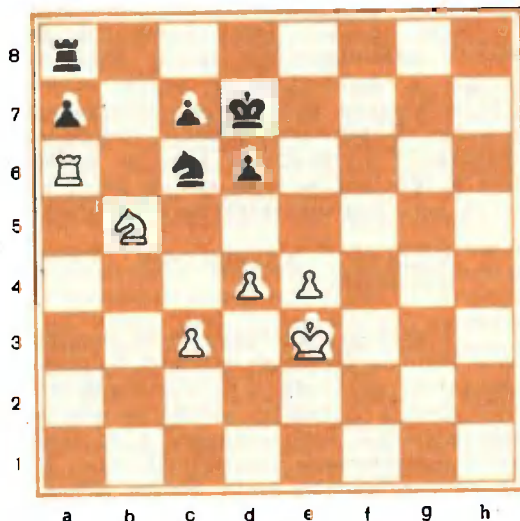


Диаграмма 3.
Белые: Крe3, Лa6, Кb5, нnc3, d4, e4 (6)
Черные: Крd7, Лa8, Кc6, нna7, c7, d6 (6)

на диаграмме 3, последствия ходов 1. Kb5:a7 и 1. d4—d5 в модели общей схемы при $n=2$. После 1. Kb5:a7 Kc6:a7 белые должны бить: 2. Лa6:a7. В этот момент у них лишняя пешка, и, если бы возникшая позиция, имеющая ранг 2, считалась заключительной, программа могла рекомендовать ход. 1. Kb5:a7. Однако ответ 2...Лa8:a7 является форсирующим, а возникшая позиция — заключительной, так как разрешенных ходов из нее нет. (Относительным материальным равновесием здесь естественно считать материальное равенство, по крайней мере в начале перебора.) Следовательно, программа обнаружит, что рассматриваемый ход ведет к материальным потерям.

После хода 1. d4—d5, если конь не уходит, то программа обнаруживает, что возможен ход 2. d5 : c6 и белые выигрывают материал. Если же конь уходит, например 1...Kc6—b8, то 2. Лa6:a7 Лa8:a7 3. Kb5:a7, и лишь теперь возникает заключительная позиция с лишней пешкой у белых. Таким образом, ход 1. d4—d5 ведет к выигрышу материала, и это обнаруживает программа, пользующаяся моделью общей схемы с параметром глубины $n=2$. Отметим еще одно обстоятельство. После, например, ходов 1. d4—d5 Kc6—d8 2. Kb5:a7 позиция не заключительная, так как возможен форсирующий ход 2 ... Лa8:a7. В ответ на него белые форсирующим ходом 3. Лa6:a7 выигрывают качество. Однако нелепо считать, что ход 2. Kc6—d8 проигрывает больше, чем пешку. Чтобы получить такую оценку, можно считать разрешенными, кроме форсированных и форсирующих ходов, какой-нибудь «тихий» ход из рассматриваемой позиции. В рассматриваемой программе «Каисса» — это «пустой» ход, не меняющий в позиции ничего, кроме того, что после него она считается заключительной.

МОДЕЛИ, АДЕКВАТНЫЕ СХЕМЕ ШЕННОНА

В ходе исследований были разработаны методы создания игровых моделей, адекватных моделям с большим деревом игры. Они, в частности, адекватны шахматным моделям, используемым в программах, неадекватным шахматной игре. Например, описанной выше общей схеме с форсированной игрой адекватна модель, в которой из позиции ($n-1$)-го ранга с изменением в пользу противника соотношением материала разрешены не все шахматные ходы, а только форсированные,

форсирующие и шахи (в случаях, когда никакие позиционные преимущества не могут скомпенсировать самых малых материальных потерь).

Гораздо важнее то, что в ходе теоретических исследований проблем программирования игр была разработана теория граней и оценок (основанные на ней методы называют еще α , β -эвристикой). Эта теория дает возможность строить адекватные модели меньшего объема для любых игр двух противников с полной информацией. Суть дела можно продемонстри-



Диаграмма 4.

Белые: Kp1, Fh4, Ld1, Lh1, Sb4, Cf1, Kf3, ppa2, b2, d4, e2, f2, g2, h2 (14)
Черные: Kpg7, Фе6, Лс8, Лf8, Сb7, Ch6, Kf6, ppa7, d6, e7, f7, g6, h7 (13)

ровать следующим примером (см. диаграмму 4). После хода 1. Сb4—c3 белые остаются с лишней пешкой. Ясно, что ход 1. Сb4:d6 хуже, так как черные могут ответить 1... Фе6:d6 и остаться с лишней фигурой, отдав две пешки. Поэтому можно не рассматривать нетривиальный ответ 1...Фе6:a2, после которого белые получают мат.

Таким образом, в ходе построения модели на основании анализа вычисленных оценок уже рассмотренных позиций можно отсекают ходы и висающие на них поддеревья. При этом оказывается, что эффективность отсечений сильно зависит от того, в каком порядке ведется перебор. Она оказывается оптимальной, если в первую очередь исследуются лучшие ходы из рассматриваемых позиций. Возникает

задача хорошо угадывать их. Здесь не нужны гарантии того, что ход действительно угадан правильно: изредка могут происходить ошибки. Но это допускается, поскольку последствия угаданных ходов всегда проверяются.

Методы предварительного упорядочения ходов из рассматриваемых позиций не должны быть слишком трудоемкими, чтобы выигрыш времени от отсечений не перекрывался временем на дополнительную работу. Предлагалось вычислять значения предварительных модельных оценок промежуточных позиций по тем же формулам, что и для заключительных. При этом ходы из позиций модели упорядочивались в соответствии со значениями предварительных модельных оценок позиций, возникающих после них. Реализация такого предложения приводила к тому, что многие ходы приходилось производить дважды. Первый раз — для вычисления предварительной модельной оценки. Второй — после упорядочения ходов из рассматриваемой позиции для исследования ходов из позиций следующего ранга. Другое предложение состояло в том, что для сокращения времени ходы упорядочивались бы по некоторой экспресс-оценке, вычисляемой без переделки позиции.

Однако более эффективными оказались методы, связанные с понятием одинаковых ходов из разных позиций. Оно знакомо каждому шахматисту, правда, на интуитивном уровне. В ходе исследований удалось его уточнить. Так как позиции моделей сравнительно небольшого объема отличаются друг от друга положением немногих фигур, естественно предположить, что во многих из них лучшими и закрывающими (опровергающими предыдущий плохой ход противника) являются одни и те же ходы. Их учет производится особой частью программы: службой лучших ходов. Добавление к экспресс-оценке, определяющей порядок перебора, слагаемого, зависящего от того, сколько раз данный ход уже был лучшим и закрывающим, позволило сократить время работы программы в несколько раз.

Схема Шеннона интересна по двум причинам. Во-первых, все сильнейшие шахматные программы построены по схеме Шеннона. Во-вторых, лучший ход в модельной игре по этой схеме достаточно часто оказывается не самым лучшим в шахматах. Магия схемы Шеннона такова, что неудачный выбор ходов объясняют либо плохой модельной оценочной функцией, либо

недостаточной глубиной, но только не недостатками самой схемы.

Ясно, что, имея идеальную модельную оценку, достаточно применять схему Шеннона с глубиной 1. С другой стороны, обладая возможностью рассматривать все продолжения до глубины, скажем, 40 ходов (т. е. использовать большое дерево игры), можно применять очень грубую оценочную функцию. Так что соль задачи как раз в том, чтобы в условиях относительно небольшого дерева модельной игры и относительно плохой модельной оценки построить такую модель, выбирая ход в которой абсолютно правильно, программа достаточно хорошо (лучше чем чемпиона мира среди людей) играла бы в шахматы.

Поэтому естественно задать вопрос: а почему схема Шеннона вообще хороша? Например, почему с увеличением глубины перебора при фиксированной модельной оценке программа должна улучшать свою игру? Интуитивно это кажется очевидным, но теоретически такой вывод ничем не подтверждается. Теория говорит, что не имеет особого смысла увеличивать глубину перебора при фиксированной модельной оценке. В таких условиях для того, чтобы с увеличением глубины программа играла лучше, модельная оценка в 99% случаев должна совпадать с истинной оценкой позиции, а это, конечно, далеко от фактического положения дел.

К сожалению, только после 25-летних поисков исследователи перестали доверять интуитивным оценкам и обратились к теоретическим доказательствам правильности исходных построений.

Следует отметить, что подобная ситуация наблюдается во многих других областях использования вычислительной техники. Неудовлетворенность методами, которые верой и правдой служили 25 лет, привела к попыткам их теоретического обоснования. В результате выяснилась ограниченность методов, применяющихся при решении различных задач. А отсюда стали яснее пути преодоления существующих ограничений, способы построения качественно новых алгоритмов.

Для современных работ, ведущихся в области шахматного программирования, характерен поиск новых методов, выходящих за рамки схемы Шеннона.

МОДЕЛИ, НЕ АДЕКВАТНЫЕ СХЕМЕ ШЕННОНА

Ходы из рассматриваемых позиций упорядочиваются с некоторым смыслом,

поэтому было предложено сократить модели «вширь» и за счет этого увеличить их «вглубь». Элементарная реализация такого предложения — считать разрешенными из рассматриваемых позиций не все ходы, а их некоторую часть, состоящую из начального отрезка упорядоченной последовательности ходов (например, несколько лучших по экспресс-оценке). Число ходов, из которых состоит этот отрезок, определяется рангом позиции (для малых рангов больше, для больших — меньше). Однако программы, использующие такие модели, пока играют хуже, чем те, которые пользуются моделями типа общей схемы с форсированной игрой.

Один из методов сокращения модели вширь, выходящий из рамок схемы Шеннона, — семантический. Описываются промежуточные цели ходов и разрабатываются способы определения того, какие из этих целей может преследовать заданный ход. Ходы, не преследующие допустимых целей, не разрешаются. Однако совершенно бессмысленных ходов не так уж много, и встает нелегкая проблема, какие цели в данной позиции считать допустимыми. Пока работ в этом направлении мало и создано очень ограниченное число программ, действующих таким образом. Тем не менее семантические методы представляются весьма перспективными.

Метод граней и оценок сокращает перебор из позиций, возникающих только после плохих ходов противника, попавших в модель. Если плохим является предыдущий ход той же стороны, которая должна сделать ход из данной позиции, то, чтобы убедиться в сделанной ранее ошибке, приходится пробовать все ходы, в том числе и нелепые, с точки зрения шахматистов. Как показал анализ построенных программой моделей, абсолютно нелепых ходов очень мало. В основном, представление человека о нелепости хода возникает в результате перебора вариантов из возникших после него позиций. Человек, наверно, не повторяет такого перебора из позиций, которые он считает достаточно схожими с рассмотренной, причем критерии схожести также определяются в процессе перебора. Поэтому была поставлена задача — научить программу принимать решения по аналогии: убедившись один раз в бессмысленности того или иного хода, не повторять его в схожих позициях (метод аналогий). Решение этой задачи привело бы к построению алгоритмов, создающих информацию о процессе перебора в различных частях дерева игры и использую-

щих ее в дальнейшем для отсеечения бессмысленных ходов в аналогичных позициях. Такая информация может быть более или менее полной, а анализ различий — более или менее сложным. Чем больше трудоемкость создания и использования информации, тем больше она даст возможностей для отсеечения вариантов. Нужно найти разумный компромисс, чтобы время на дополнительную работу не превысило выигрыша от отсечений.

Удалось не только создать такую систему информации, но и доказать, что в

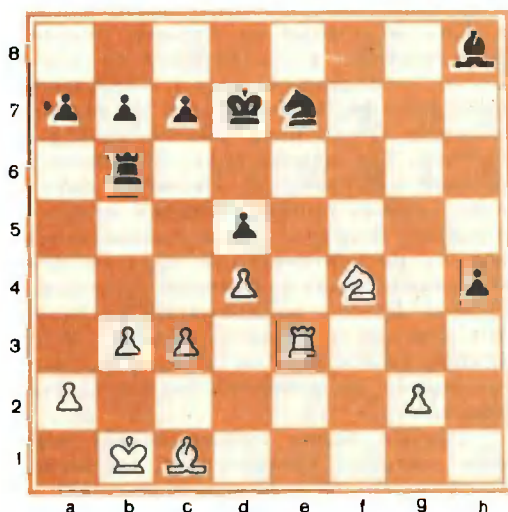


Диаграмма 5.
Белые: Крb1, Лe3, Сс1, Кf4, ппa2, b3, c3, d4, g2 (9)
Черные: Крd7, Лb8, Кe7, Ch8, ппa7, b7, c7, d5, h4 (9)

результате разрешаемых ею отсечений возникает адекватная модель. (Правда, вопрос о возможностях значительно более эффективного использования этой информации остается открытым.) Эту систему трудно назвать семантической, так как она основана на понятиях, не рассматриваемых шахматной теорией. Еще более чужды шахматистам идеи доказательства адекватности получаемых моделей. Тем не менее мы попытаемся на уровне здравого смысла показать, в чем дело.

В позиции на диаграмме 5 белые не могут брать 1. Кf4:d5 из-за ответа 1... Кe7:d5. С этим проигрывающим вариантом связаны поля f4, d5 и e7. (Здесь ситуация весьма простая, так как рассматриваемый вариант не использует линий

ходов дальнбойных фигур и не влияет на такие линии. В общем случае нельзя ограничиваться понятием связи полей с вариантом, а приходится учитывать характер такой связи.) Ход Kf4:d5 возможен во многих позициях, рассматриваемых в переборе: например, после ходов 1. Cc1—b2 a7—a6. С последним вариантом тоже связаны некоторые поля доски, однако не f4, d5 и e7. Поэтому оценка варианта, начинающегося ходом Kf4:d5, остается в силе. Этот ход можно запретить из позиции, возникшей после указанных выше ходов и из ряда других позиций.

Однако, например, если белые нападут на пешку h4 ходом 1. Лe3—h3, то линия действия Cc1 удлинится и станет включать поле f4. При попытке защитить пешку ходом 1... Лb6—h6 ход 2. Kf4:d5 оказывается возможным: 2... Кe7: d5 3. Cc1:h6. Таким образом, запрещение хода Kf4:d5 отменяется из-за влияния варианта 1. Лe3—h3~(ответ черных — любой) на вариант 1. Kf4:d5 Кe7:d5. В этом случае отмена является оправданной. Однако, если черные защитят пешку ходом 1... Ch8—f6, то ход 2. Kf4:d5 по-прежнему проигрывает из-за ответа 2... Кe7: d5. Но трудно заранее обратить внимание на скрытую угрозу полю h6 со стороны Cc1. Метод аналогий указывает, возможны ли отсутствующие в ранее рассмотренных позициях скрытые удары, а искать их легче в новых позициях. Метод позволяет строить адекватные модели в 4—5 раз меньшего объема и сократить время работы программы в 2—3 раза.

ШАХМАТЫ КАК МОДЕЛЬ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ

Применение метода аналогий интринсично еще и тем, что он использует многократную повторяемость одних и тех же переходов из одной ситуации в другую (в шахматах: ходы из позиции), что характерно для всякого большого перебора. Это позволяет рассчитывать на широкое применение метода в прикладных задачах, решаемых при помощи перебора. К таким задачам относятся задачи математической экономики, сетевого планирования с нетривиальными ограничениями, задачи принятия решения в сложных ситуациях².

Для использования методов шахматного программирования в прикладных задачах, кроме того, очень важны попытки ввести в программу шахматные знания. На этом пути наряду с трудностью формализации знаний и выбора формы их представления существует трудность создания механизма использования формализованных знаний. Преодоление этого препятствия в шахматной программе будет способствовать созданию интеллектуальных программ и в других областях человеческой деятельности. К сожалению, пока такие попытки для различных задач безуспешны.

Многие методы искусственного интеллекта были впервые опробованы на шахматных программах. Объясняется это тем, что игра в шахматы является хорошей моделью интеллектуальной деятельности. Во-первых, правила и цели игры четко определены и легко формализуются. Во-вторых, существует понятный и хорошо дифференцированный критерий силы игры. В-третьих, игра эта достаточно сложна.

Популярность шахматного программирования объясняется, кроме того, и уникальной формой проведения конференций в этой области — турнирами шахматных программ. Уже почти 10 лет регулярно проводятся чемпионаты Северной Америки, и состоялось два чемпионата мира. Наша программа «Каисса» участвовала в обоих и заняла в I чемпионате (1974) 1-е место, а во II (1977) — 2-е.

Сила игры шахматных программ за время между этими чемпионатами намного возросла. Дело в том, что шахматные программы «перешли из любителей в профессионалы». Если большинство программ — участниц I чемпионата мира было плодом энтузиазма своих создателей, то почти все программы II чемпионата мира создавались крупными группами программистов в течение нескольких лет. Такой «профессионализм» объясняется тем, что становится очевидной роль шахматного программирования для прикладных задач.

С другой стороны, место прежних «любителей» заняли шахматные программы для мини-компьютеров.

В марте 1978 г. в Сан-Хосе состоялся чемпионат среди мини-компьютеров. Правила этого турнира, по признанию его организаторов, исправлялись по ходу турнира. В частности, из-за тенденции программ повторять позицию или непрерывно

² Подробнее об этом см.: Адельсон-Вельский Г. М., Арлазаров В. Л., Донской М. В. Программирование шахматной игры. — «Вестник АН СССР», 1978, № 4, с. 82.

давать шахи, даже имея подавляющее преимущество, программистам было разрешено уменьшать глубину перебора и лимит времени, чтобы избежать этих ситуаций. Сила игры этих программ пока вызывает улыбку, такую же, впрочем, как вызывали шахматные программы в 1958 г.

В правилах турнира шахматных программ на обычных машинах оговорено, что программист ни в коем случае не может вмешиваться в работу программы. Он имеет право лишь вводить в машину сделанный противником ход. Поэтому участие в

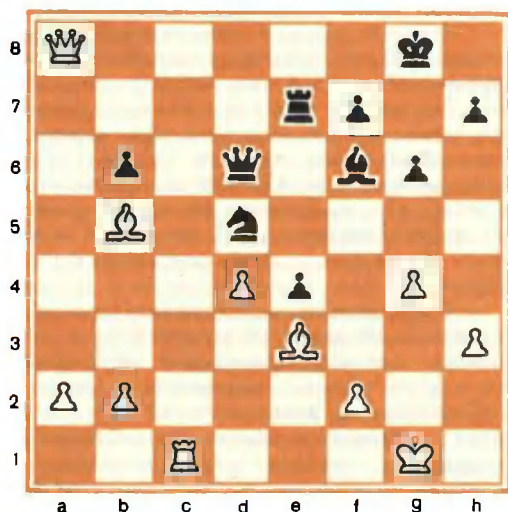


Диаграмма 6.

Белые: Kpg1, Фа8, Лс1, Сб5, Се3, гна2, b2, d4, f2, g4, h3 (11)

Черные: Kpg8, Fd6, Le7, Cf6, Kd5, nnb6, e4, f7, g6, h7 (10)

турнирах шахматных программ требует от программиста более крепких нервов, нежели от шахматиста, участвующего в обычном шахматном турнире. Ожидание хода собственной программы, длящееся иногда до 15 минут, бывает мучительным. Особенно ужасны ситуации, когда программа намеревается сделать плохой ход, и программист с покорностью обреченного ждет этого, в глубине души надеясь все-таки на чудо.

Тем не менее правила турниров разрешают разговаривать участникам за доской (так же, впрочем, как и зрителям в зале), и программисты используют это для того, чтобы побольше узнать о програм-

ме-сопернице, обменяться мнениями о работах над шахматными программами. Как бы ни была удивительна эта форма для научной конференции, все-таки турниры шахматных программ — это прежде всего конференции специалистов, работающих над шахматными программами.

В заключение хотелось бы привести позицию из партии II чемпионата мира среди шахматных программ, в которой белыми играла американская программа «Дачесс», а черными — советская программа «Каисса» (см. диаграмму 6). В этой позиции неожиданно для всех «Каисса» сделала ход 34 ...Ле7—e8, и все присутствующие, в том числе экс-чемпион мира М. М. Ботвинник, оценили его как зевон лады. После окончания партии, пытаясь обнаружить в программе ошибку, которая привела к этому зевку, мы попросили «Каиссу» еще раз проанализировать позицию и «объяснить», чем плох ход 34. Kpg8—g7. К нашему удивлению, нам был показан мат в 5 ходов: 35. Фа8—f8+ Kpg7:f8 36. Се3—h6+ Kpf8—g8 37. Лс1—c8+ Fd6—d8 38. Лс8:d8+ Ле7—e8 39. Лd8:e8+.

Остается только гадать, смогла бы «Дачесс» найти эту комбинацию или нет, но «Каисса» смогла, к сожалению, за противника. Остальные 3 партии турнира «Каисса» выиграла и заняла II место. I место заняла американская программа «Чесс-4.6», выигравшая все 4 партии.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Брудно А. Л. ГРАНИ И ОЦЕНКИ ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ПЕРЕБОРА ВАРИАНТОВ.— В сб.: Проблемы кибернетики, вып. 10. М., 1963.

Ботвинник М. М. АЛГОРИТМ ИГРЫ В ШАХМАТЫ. М., 1967.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЫШЛЕНИЕ. Сб. статей. М., 1967.

Нильсон Н. Дж. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ. Методы поиска решений. М., 1973.

ПРОБЛЕМЫ КИБЕРНЕТИКИ, вып. 29. М., 1974.

Ботвинник М. М. О КИБЕРНЕТИЧЕСКОЙ ЦЕЛИ ИГРЫ. М. 1975.

Шеннон К. Э. РАБОТЫ ПО КИБЕРНЕТИКЕ И ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ. М., 1975.

Энтомология

Прыгающие капсулы

Б. В. Верещагин,
доктор сельскохозяйственных наук
С. Г. Плугару,
кандидат биологических наук
Кишинев

В середине лета на улицах и в парках Кишинева можно наблюдать любопытное явление. На земле под кронами деревьев клена-явора (*Acer pseudoplatanus*) и клена остролистного (*A. campestre* L.), если внимательно присмотреться, можно заметить маленькие (0,5 см) дискообразные капсулы. Сквозь оболочку капсулы просвечивают очертания какого-то «червячка». Капсулы время от времени подпрыгивают, как на пружинах.

Сверху капсула состоит из кожицы (эпидермиса) листа, а снизу покрыта шелковистой прозрачной тканью. Если вскрыть капсулу, в ней можно обнаружить светло-зеленую, безногую личинку с уплощенным телом. Это личинки крылатого насекомого — минирующего пилильщика (*Heterarthrus aceris* Kalt).

Как же она попадает внутрь капсулы? Сначала взрослое насекомое, перелетая, откладывает на листья кленов микроскопические яички. Из яичек через некоторое время вылупляются личинки. Затем личинка проникает в ткань листа и питается его мякотью, проделывает в ней ходы-тоннели, с виду похожие на коричневые пятна, выделяющиеся на зеленом фоне листа.

Когда личинка становится взрослой, она делает дискообразный вырез только из одного эпидермиса листа. При этом сначала она оставляет нетронутыми несколько тонких жилок, а затем прядет под вырезанным диском шелковистый кокон. Когда пряжа закончена, личинка перегрызает оставшиеся нетронутыми жилки и падает на почву вместе с капсулой, состоящей сверху из эпидермиса листа, а снизу — из пряжи личинки.

За земле такая живая капсула благодаря резким движениям личинки внутри нее время от времени подпрыгивает, пока не попадет в укромное место. Этот необычный способ передвижения ранее был описан у одного из минирующих пилильщиков того же рода *Heterarthrus*¹. В капсуле личинка лучше защищена от неблагоприятных условий, чем в том случае, если бы она находилась только в коконе.

В дальнейшем личинка окукливается, и из куколки в следующем сезоне вылетает взрослое насекомое-пилильщик; цикл начинается снова.

Случай, когда при изготовлении капсулы для окукливания используется только одна верхняя кожица листа, довольно редок.

Известен и другой пилильщик (*H. leucomelas*), у которого личинка, живущая в листьях клена, вырезает дискообразную капсулу, состоящую не только из верхней, но и из нижней кожицы листа. Некоторые виды пилильщиков рода *Heterarthrus* делают в листе только дискообразный кокон, но не вырезают его.

Зоология

Черный дятел-желна
Вилуйского водохранилища

А. Ф. Кириллов

Институт биологии Якутского
филиала Сибирского отделения
АН СССР
Якутск

Черный дятел-желна (*Dryocopus martius*) распространен в Якутии повсеместно. Он приносит большую пользу лесу, очищая его от опасных вредителей: короедов, дровосеков, муравьев-древоточцев и других вредных насекомых. Кроме того, выстроенные и оставленные дятлом дупла используются под гнезда многими птицами, а также белкой, соболем. Желна обычен в бассейне р. Вилуй. Некоторые изменения в ареале дятла произошли в результате образования Вилуйского водохранилища. При строительстве первой очереди Вилуйской ГЭС лес, расположенный вдоль береговой линии, был частично затоплен и очень быстро погиб. Большое количество ослабленных и погибших деревьев создало благоприятные кормовые и гнездовые условия для дятлов. Наши наблюдения показали, что популяция черного дятла наиболее многочисленна в районах разливов.

Нам удалось проследить за парой черных дятлов и получить дополнительные сведения о поведении этих птиц в гнездовой период.

Стоял конец апреля. И тайга, и водохранилище еще были покрыты снегом. Но ды-

¹ «Природа», 1976, № 6, с. 112—113.

шалось уже по-весеннему легко и свободно. Днем температура воздуха поднималась до $+5^{\circ}$, и тогда таяли снежные шапки на ветвях лиственниц, сосен и редких березок, и лес звенел от капель. Теплые дни сменялись холодными, и нередко был снег, периодически выпадавший до 22 мая.

Пара черных дятлов облюбовала тихий безлюдный уголок одного из многочисленных заливищ Кусаганского разлива и с раннего утра начинала облет своих владений. Держалась она всегда вместе. Обычно самец следовал за самкой и на ее негромкий крик отвечал громким резким возгласом.

1 мая, выбрав подходящую сухую сосну, желна-самец приступил к постройке гнезда. На высоте шести метров, там, где начинались первые высохшие веточки, дятел начал долбить своим мощным долотовидным клювом дупло. Вход был ориентирован вдоль залива и был надежно защищен от господствующих в этой местности ветров. Дятел работал почти весь световой день, 2—3 раза слетая с дерева на поиск пищи и чтобы заявить свои права на участок. В эти дни изредка еще можно было услышать его «барабанную дробь». Во время отсутствия самца у дупла дежурила самка, но мы ни разу не видели, чтобы она участвовала в постройке гнезда. Ночевали дятлы где-то неподалеку в тайге.

Продолбив вход, самец принялся за устройство «жилы комнаты». Много времени уходило на удаление мусора из гнезда. Дятел выбрасывал щепки по мере их накопления, и вскоре вся земля около дерева покрылась мелкой свежей щепой. Теперь стук раздавался откуда-то из ствола старой сосны. В эти дни дятел работал с еще большим усердием. Только когда кто-нибудь подходил к дереву, он затихал на 15—25 минут, затем осторожно выглядывал из дупла, высунув клюв и часть головы. Сейчас его легко можно было принять за черный сучок. Если мы в это время не двигались, то дятел, успокоившись, исче-

зал в дупле и через несколько минут продолжал свою работу. Но стоило только поцарапать по стволу прутиком, изображая лезущего наверх зверя, как дятел моментально вылетал из дупла, усаживался на соседнее дерево и начинал обстукивать его, делая вид, что ищет насекомых.

Через две недели основная работа была закончена, и дятел занялся исправлением мелких недочетов и зачисткой стен жилища. В эти дни у дупла часто можно было видеть самку. А 17 мая состоялось новоселье.

Произошло это следующим образом. Самец вот уже больше часа тихо сидел в дупле. Это, по-видимому, было своеобразным приглашением самки. Она подлетела к старой сосне, где было приготовлено гнездо, села на одну из веток и тихо, нежно заворковала. Тотчас из дупла показался самец, не спеша огляделся по сторонам и, вылетев, сел неподалеку от входа на ствол де-

рева. Самка подлетела к нему и они разлетелись: хозяйка — в жилище, а хозяин — в лес.

Во владениях пары наступила тишина, лишь иногда можно было увидеть спешившего куда-то самца. Летал он теперь молча. В начале июня несколько раз мы видели вылетающую из гнезда самку. 10 июня рано утром мы услышали из дупла громкий писк — у дятлов появились птенцы. С этого дня родители не знали ни минуты покоя. Четыре птенца с завидным постоянством требовали пищу. Первое время родители, сев у входа с насекомым в клюве, ныряли в дупло. Но уже 18 июня подросшие птенцы стали высовывать головы из дупла. Стоило поблизости показаться взрослым дятлам, как они поднимали гвалт, требуя себе корм. Ночевала с ними мать, а днем у входа обязательно торчала голова одного из птенцов, и, присмотревшись, можно было заметить, что за это место у них идет постоянная борьба.

21 июня я сделал некое подобие лестницы и полез к дятлам ознакомиться с их жилищем. Птенцы попрятались и притихли, самка улетела в лес, а самец уселся на соседнем дереве и наблюдал за моими действиями. Гнездо было сделано добротно и служило надежным убежищем от врагов и непогоды. Вход, с окружностью, будто вычерченной циркулем, имел в диаметре 14 см. Потолок был на уровне входа и выбран, как и пол, в горизонтальной плоскости. Глубина дупла составляла примерно 60 см, внутренний диаметр — около 20 см. Толщина стенок — 10—15 мм. Одного птенца я достал из гнезда, посадил его в специально подготовленный для этой цели мешочек и спустил на землю. Размером со взрослую птицу, с грязно-красной шапочкой на голове и светлым желтовато-серым слабым еще клювом, с черным рыхлым оперением, птенец был совершенно беспомощным на земле. Но преобразился, как только я приблизил его к стволу дерева. И пока я настраивал свой фотоаппарат, он начал взбираться



Молодой черный дятел.

Фото автора.

по спирали вверх, обстукивая кору и каждым движением копируя взрослую птицу, хотя проделывал все это впервые в жизни. Когда я его посадил около входа в дупло, птенец, не медля ни секунды, нырнул в гнездо. Некоторое время из гнезда доносился писк и шум, но затем птенцы успокоились и замолчали. А еще через три дня — 24 июня — у гнезда дятлов раздался громкий крик взрослых птиц и писк птенцов. Это вся семья выбралась из своего жилища. Прошло еще несколько часов, и дятлы всей семьей откопывали в тайгу. В гнездо более никто из них не возвращался.

Зоология

Общественное гнездо

В. П. Белик

Ростов-на-Дону

В степных районах нашей страны особенно остро ощущается недостаток в дуплистых деревьях, в обрывистых обнажениях с норами и в других местах, удобных для гнездования птиц. Поэтому пустующие гнезда сорок, сделанные в виде шара с внутренней полостью, становятся излюбленным местом гнездования сов (ушастой и сплюшки) и соколов (пустельг и кобчиков). В этих гнездах часто обитают полевые воробьи, сизоворонки, краквы и другие птицы. Несколько лет назад я наблюдал интересный случай использования старого сорочьего гнезда четырьмя видами птиц сразу.

Во второй декаде июня на юго-восточной опушке лесного массива Манычского лесхоза (Ростовская область), примыкавшей к обширному участку целины, на дубе на высоте 6 м я увидел старое сорочье гнездо, построенное птицами года два назад. Видимо, после сорок в следующем сезоне в гнезде поселились какие-то

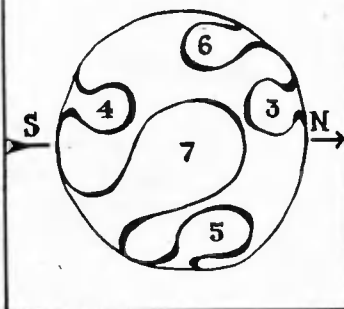
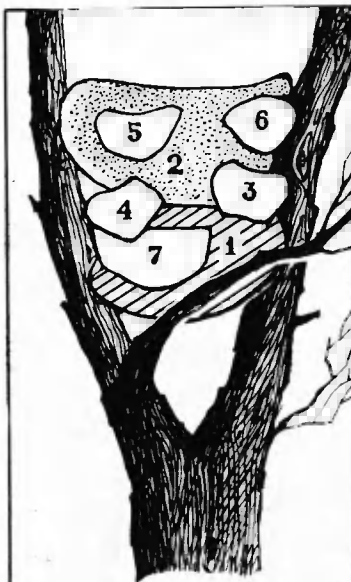


Схема коллективной гнездовой постройки: 1 — гнездо коршуна; 2 — гнездо скворца; 3 — гнездо домового воробья; 4—6 — гнезда полевых воробьев. Внизу: вид сверху.

мелкие соколы (может быть, обыкновенные пустельги), обитавшие поблизости. В течение двух месяцев насиживания яиц и выкармливания птенцов соколы расширили лоток, лоток заполнили погадками и сильно уплотнили его. В результате в сорочьем гнезде образовалась аккуратная горизонтальная ниша с плотными стенками. Еще через год это гнездо занял коршун, соорудивший сверху на крыше массивную постройку из толстых гнилых сучьев. В мо-

мент находки гнезда у коршуна было два больших, начавших оперяться птенца возрастом 10—15 дней.

В наружных стенках между прутьями сорочьего и коршуньего гнезда устроились 3 пары полевых воробьев, несомненно, гнездившихся здесь и в предыдущем году вместе с соколами. В двух гнездах воробьев обнаружены свежие яйца второй кладки, а третье еще было пустое. Кроме того, здесь же, рядом с полевыми, поселилась пара домовых воробьев. Обитание домовых воробьев рядом с хищниками довольно редко и характерно в основном для Средней Азии.

Четвертым видом, поселившимся в сорочьем гнезде вместе с коршуном и воробьями, оказался обыкновенный скворец — еще более редкий сожитель хищных птиц. Скворцы заняли полость сорочьего гнезда, оставшуюся после соколов, и к середине июня уже успели выкормить птенцов. Выводок вылетевших молодых птиц держался недалеко, на опушке леса, а взрослые, видимо, собирались приступить ко второй кладке: птицы несколько раз подлетали к летку и заглядывали внутрь, а когда мы осматривали гнездо, тревожно кричали поблизости. На дне лотка появились свежие стебельки растений, принесенные скворцами для новой выстилки.

Повторно осмотреть это гнездо в том же году, к сожалению, мы не смогли, а к весне следующего года оно начало разваливаться, и птицы оставили его.

Космические исследования

Запуски космических аппаратов в СССР (март — апрель 1979 г.)

В марте-апреле 1979 г. в Советском Союзе было запущено 23 космических аппарата, в том числе 18 спутников серии «Космос» с научной аппаратурой, предназначенной для продолжения исследований космического пространства.

На космическом корабле «Союз-33» стартовал четвертый международный экипаж по программе «Интеркосмос» в составе командира корабля летчика-космонавта СССР Н. Н. Рукавишников и космонавта-исследователя гражданина НРБ Г. И. Иванова. 11 апреля в 21 ч 54 мин по московскому времени было начато сближение корабля «Союз-33» с орбитальным комплексом «Салют-6» — «Союз-32». В процессе сближения возникли отклонения от штатного режима в работе сближающе-корректирующей двигательной установки «Союза-33», и стыковка корабля с орбитальной станцией «Салют-6» была отменена. 12 апреля Рукавишников и Иванов благополучно возвратились на Землю: спускаемый аппарат «Союза-33» в 19 ч 35 мин совершил мягкую посадку в 320 км юго-восточнее Джезказгана.

Очередной спутник серии «Метеор-2» запущен для дальнейшего развития метеорологической системы с использованием искусственных спутников Земли. На его борту установлены комплексы оптико-механической сканирующей аппаратуры для получения глобальных изображений облачности и поверхности Земли в видимом и инфракрасном диапазонах спектра (в режиме запоминания и в режиме непосредственной пе-



Экипаж космического корабля «Союз-33»: командир корабля летчик-космонавт СССР Н. Н. Рукавишников и космонавт-исследователь гражданин НРБ Г. И. Иванов.

Фото ТАСС.

редачи), радиометрическая аппаратура для непрерывных наблюдений за потоками проникающих излучений в околоземном космическом пространстве, а также необходимые служебные системы.

Автоматический грузовой транспортный корабль «Прогресс-5» доставил на пилотируемый орбитальный ком-

плекс «Салют-6» — «Союз-32» топливо, оборудование, аппаратуру, материалы для обеспечения жизнедеятельности экипажа, проведения научных исследований и экспериментов, а также почту.

30 марта и 2 апреля с помощью двигательной установки «Прогресса-5» были осуществлены две коррекции траектории движения орбитального комплекса. 3 апреля «Прогресс-5» был отстыкован от орбитального комплекса «Салют-6» — «Союз-32», а 5 апреля вошел в плотные слои атмосферы над заданным районом Тихого океана и прекратил существование.

Очередной спутник серии «Молния-1» предназначен для обеспечения эксплу-

Космический аппарат	Дата запуска	Параметры начальной орбиты			
		период, км	апогей, км	наклонение, град	период обращения, мин
«Метеор-2»	1. III	857	908	81,2	102,3
«Прогресс-5»	12. III	191	269	51,6	88,8
«Космос-1080»	14. III	180	320	79,2	89,2
«Космос-1081—1088»	15. III	1455	1526	74	115,4
«Космос-1089»	21. III	986	1016	83	104,9
«Космос-1090»	31. III	212	354	72,9	89,8
«Космос-1091»	7. IV	985	1024	83	105
«Союз-33»	10. IV	273*	330	51,6	90,1
«Космос-1092»	12. IV	983	1021	83	105
«Молиния-1»	12. IV	656	40 590	62,9	735
«Космос-1093»	14. IV	625	650	81,3	97,3
«Космос-1094»	18. IV	437	457	65	93,3
«Космос-1095»	20. IV	209	404	72,9	90,3
«Радуга»	25. IV	36 000	36 000	0,4	1442
«Космос-1096»	25. IV	439	457	65	93,3
«Космос-1097»	27. IV	180	357	62,8	89,6

* Параметры орбиты после коррекции.

атации системы дальней телефонно-телеграфной радиосвязи и передачи программ Центрального телевидения СССР на пункты сети «Орбита», расположенные в районах Крайнего Севера, Сибири, Дальнего Востока и Средней Азии.

Спутник связи «Радуга» (международный регистрационный индекс «Стационар-1») выведен на близкую к стационарной орбиту и оборудован усовершенствованной многоканальной ретрансляционной аппаратурой для обеспечения в сантиметровом диапазоне волн непрерывной круглосуточной телефонно-телеграфной радиосвязи и одновременной передачи цветных и черно-белых программ Центрального телевидения СССР на пункты сети «Орбита».

Космические исследования

«Венера-11 и -12» в полете

В декабре 1978 г. автоматические межпланетные станции «Венера-11 и -12», запущенные 9 и 14 сентября 1978 г.¹, достигли окрестностей Венеры.

21 декабря «Венера-12», преодолев за 98 сут. полета расстояние более 240 млн км, первой приблизилась к цели. За двое суток до входа в атмосферу планеты от станции отделился спускаемый аппарат, а сама станция была переведена на траекторию, проходящую в 35 тыс. км от планеты, и продолжила полет в космическом пространстве.

Во время снижения спускаемого аппарата с высоты 62 км проводились эксперименты по тонкому химическому анализу состава атмосферы и облаков, спектральному анализу рассеянного в атмосфере солнечного излучения, изучению электрических разрядов в атмосфере. Спускаемый аппарат «Венера-12» совершил мягкую посадку на поверхность планеты 21 декабря 1978 г. в 6 ч 30 мин по московскому времени и в течение 110 мин передавал научную информацию.

Полет автоматической станции «Венера-11» в окрестностях Венеры проходил по аналогичной схеме. Спускаемый аппарат совершил мягкую посадку 25 декабря 1978 г. в 6 ч 24 мин на расстоянии око-

ло 800 км от места посадки спускаемого аппарата «Венера-12»; информация с поверхности передавалась в течение 95 мин.; в месте посадки спускаемого аппарата «Венера-11» температура окружающей среды составила 446° С, давление 88 атм.

В работе «Венеры-11 и -12» был применен принцип исследований взаимно дополняющими методами (химическим, масс-спектроскопическим, оптическим, ядерно-физическим), что резко повысило достоверность результатов. В итоге была получена принципиально новая информация о химическом и изотопном составе атмосферы Венеры, составе и строении ее облаков, электрических процессах в атмосфере.

Было обнаружено необычное, по сравнению с земным, соотношение изотопов ³⁶Ar и ⁴⁰Ar, что неопровержимо указывает на различие в процессах эволюции Земли и Венеры. Впервые определена природа малых составляющих атмосферы Венеры, основной компонентой которой является углекислый газ. Теперь установлено наличие в атмосфере N₂ (около 4%), Ar, Ne, Kr, CO, H₂O, различных сернистых соединений, газообразной серы. Это позволит значительно повысить надежность термодинамических расчетов моделей атмосферы Венеры и ее взаимодействия с поверхностью планеты.

Совершенно неожиданными оказались результаты по определению состава аэрозолей в основном облачном слое Венеры. До сих пор наиболее популярной среди специалистов была гипотеза о том, что в состав венерианских облаков входит серная кислота; но приборы зарегистрировали в качестве основной компоненты хлор.

Чрезвычайно высокие (около 500° С) температуры на поверхности Венеры достаточно уверенно объясняются сейчас «парниковым эффектом». Однако для уточнения деталей этого механизма следовало более точно знать спектры поглощения солнечного излучения, рассеяния и переизлу-

¹ О старте этих автоматических станций см.: «Природа», 1978, № 12, с. 118.

чения энергии для различных высот. Теперь с помощью «Венеры-11 и -12» эти характеристики получены.

В атмосфере Венеры обнаружены электромагнитные разряды, аналогичные, по-видимому, земным грозам. Было зарегистрировано несколько источников грозовых разрядов на значительных расстояниях от спускаемых аппаратов. По предварительным данным, энергия в разрядах примерно такая же, как и в земных молниях, но число вспышек в единицу времени в десятки раз больше. Протяженность одной из грозовых областей составляла, по оценкам, около 100 км, причем источник располагался в облачном слое Венеры. Обилие гроз на Венере может служить объяснением давно замеченного явления — свечения ночной стороны диска планеты.

Интересные результаты были получены также во время полета станций «Венера-11 и -12» в ходе выполнения совместного советско-французского эксперимента по изучению γ -всплесков². Трудности их исследования связаны с тем, что это кратковременные (они длятся около секунды) и чрезвычайно редкие явления (за предыдущие 10 лет было обнаружено менее 100 событий). Их природа до сих пор не ясна, и для ее понимания необходимо точное знание координат источников γ -всплесков. Такие данные можно получить, если зарегистрировать источник с нескольких космических аппаратов, находящихся на возможно больших расстояниях друг от друга. Поэтому советско-французская аппаратура для обнаружения γ -всплесков была также установлена на автоматической станции «Прогноз-7», запущенной 30 октября 1978 г. на сильно вытянутую эллиптическую орбиту вокруг Земли.

Использование на трех космических аппаратах весьма

чувствительной аппаратуры позволило советским и французским специалистам только за 3 мес. работы зарегистрировать 15 γ -всплесков. Установлено, что источники γ -всплесков находятся в нашей Галактике и, по-видимому, расположены преимущественно вблизи ее центра.

С. А. НИКИТИН

Москва

Космические исследования

«Интеркосмос-19»

27 февраля 1979 г. в Советском Союзе в соответствии с программой сотрудничества социалистических стран в области исследования и использования космического пространства в мирных целях осуществлен запуск спутника «Интеркосмос-19». Параметры его орбиты: высота в перигее 502 км, в апогее — 996 км, наклонение 74° и период обращения 99,8 мин. На борту спутника установлена научная аппаратура и телеметрическая система для передачи научной информации, созданные специалистами НРБ, ВНР, ПНР, СССР и ЧССР. Цель запуска — проведение комплексных исследований структуры ионосферы Земли, особенностей волновых процессов и распространения радиоволн в ионосферной плазме.

В период приближения максимума солнечной активности все большее значение приобретают комплексные исследования связей между явлениями на Солнце и процессами в околоземном космическом пространстве, включая электромагнитное взаимодействие магнитосферы и ионосферы, а также явления в верхней атмосфере Земли. Для проведения этих исследований и были запущены «Интеркосмос-18» и «Интеркосмос-19», которые наряду с автоматическими межпланетными станциями «Венера-11 и -12», станцией «Прогноз-7», спутниками США и Европейского космического агентства, а также многочисленными наземными станция-

ми участвуют в этой комплексной программе².

Орбита «Интеркосмос-19» расположена в области верхней ионосферы, начинающейся с высоты 200—300 км.

Результаты экспериментов, проводимых на спутниках «Интеркосмос-18 и -19», а также на «Прогнозе-7», будут включены в международный банк данных, собираемых по программе МИМ².

С. А. НИКИТИН

Москва

¹ Подробнее о запусках этих космических аппаратов см.: «Природа», 1978, № 12, с. 118; 1979, № 3, с. 108, 109; № 4, с. 106.

² Подробнее об этом см.: Мигулин В. В., Силкин Б. И. Международные исследования магнитосферы. — «Природа», 1979, № 6.

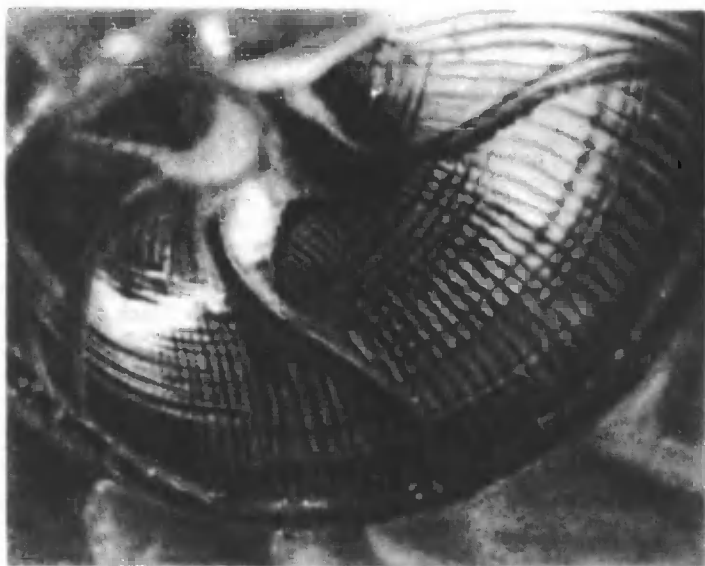
Астрономия

Моллюск определяет положение Луны

Один из самых своеобразных современных моллюсков — *Nautilus pompilius*, или жумчужный кораблик, населяющий воды южной части Тихого океана, передвигается, изменяя количество газов, наполняющих отдельные отсеки его раковины¹. Отсеки разделены перегородками, и на раковине отчетливо различаются полосы, соответствующие каждому эпизоду ее роста. В ночное время наutilus перемещается в более высокие и теплые слои моря, где его дыхание становится аэробным, днем же, находясь на больших глубинах и в более холодных водах, наutilus переходит к анаэробному дыханию. В период аэробного дыхания моллюск выделяет карбонат кальция и откладывает новый слой раковины около ее устья.

² Подробнее о γ -всплесках см.: Никитин С. А. Советско-французское сотрудничество в области гамма-астрономии. — «Природа», 1977, № 12.

¹ Подробнее о наutilus см.: Несис К. Н. Наutilus в аквариуме. — «Природа», 1978, № 7.



Разрез раковины наutilusа: отчетливо видны перегородки, разделяющие отсеки раковины, и суточные борозды.

Днем, при анаэробном дыхании, он каждый раз растворяет этот слой. В результате на раковине и возникают бороздки, отмечающие каждые сутки в жизни моллюска. Время от времени наutilus подтягивается к устью своей раковины и откладывает новую перегородку, создавая очередной отсек в своем жилище.

Как установили П. Кан (Принстонский университет, штат Нью-Джерси, США) и С. Помпеа (Университет штата Колорадо, Форт-Коллинз, США), количество бороздок между перегородками отсеков — довольно постоянная величина. В среднем она примерно равна 30, что почти точно совпадает с числом суток в лунном месяце (29,53 сут.). Следовательно, по мнению Кана и Помпеа, число бороздок в раковине наutilusа указывает на количество суток, а число перегородок — на количество месяцев его жизни.

Американские исследователи решили использовать такой биологический «календарь» для определения длительности лунного месяца миллион лет назад (наutilus и родственные ему виды моллюсков обитают на Земле более 400 млн лет и в распоряжении специалистов существует множество их ископаемых остатков с хорошо сохранившимися следами бороздок и перегородок).

Анализ позволил определить не только продолжительность лунного месяца, но и расстояние от Луны до Земли в отдаленную геологическую эпоху, от которого эта продолжительность зависит. До сих пор астрономы, основываясь на исторических свидетельствах о затмениях, считали, что Луна удаляется от Земли со скоростью 5,8 см/год. Исследование раковины наutilusа позволяет утверждать, что процесс шел в 16 раз быстрее: средняя скорость составляет 94,5 см/год, причем эта скорость временем изменялась втрое по сравнению со средней величиной.

Если основываться на данных, полученных при исследовании раковин ископаемых наutilusов, то расстояние между Землей и Луной 400 млн лет назад составляло лишь половину нынешнего. Это утверждение противоречит принятым ныне представлениям об эволю-

ции лунной орбиты. До сих пор считалось, что ближе всего к Земле Луна должна была находиться менее 1 млрд лет назад. Но, согласно новейшим данным лунной геологии (анализ лунного грунта), это было около 4 млрд лет назад.

Таким образом, становятся ясными многие загадочные явления: почему все лунные моря сконцентрированы только на стороне, обращенной к Земле, и почему центр масс Луны смещен от ее геометрического центра в сторону нашей планеты. По-видимому, 3,5—4 млрд лет назад, в период, когда на Луне происходили массовые излияния магмы, она все еще находилась достаточно близко к Земле, чтобы тяготение планеты могло привести к такой значительной асимметрии в строении ее спутника.

«New Scientist», 1978, v. 80, № 1125, p. 172 (Великобритания).

Физика

Первый советско-английский семинар по синхротронному излучению

В конце 1978 г. в Москве, в Институте физических проблем АН СССР проходил первый советско-английский семинар по синхротронному излучению, организованный Комиссией по синхротронному излучению АН СССР. На семинаре было заслушано 18 докладов, в которых отразились основные направления в исследовании, связанных с синхротронным излучением — электромагнитным излучением, возникающим при движении электронов в магнитном поле. Основные особенности этого вида излучения — очень большая интенсивность, сплошной спектр, включающий видимый, ультрафиолетовый и рентгеновский диапазоны, и поляризация. Применение синхротронного излучения привело к радикальному расширению

экспериментальных возможностей в исследовании атомов, молекул, твердых тел и биологических объектов.

Ранее при изучении структуры атома считалось, что не только самые простые, но и многоэлектронные атомы хорошо описываются так называемой одноэлектронной моделью, согласно которой каждый атомный электрон движется независимо от других в некотором среднем (самосогласованном) поле, создаваемом ядром и остальными электронами. Непосредственное взаимодействие между электронами данной оболочки, а тем более разных оболочек, представлялось несущественным. Совершенствование экспериментальных методов исследования, использование в первую очередь синхротронного излучения, а также успехи в развитии теории позволили существенно продвинуться в понимании структуры сложных атомов. Так, удалось подтвердить в полном согласии с предсказаниями теоретиков (М. Я. Амуся, ФТИ АН СССР), важную роль непосредственного взаимодействия между электронами, принадлежащими даже разным оболочкам (Дж. Марр, Великобритания). Показано, что в результате такого взаимодействия вместо независимого движения происходит полная коллективизация электронов некоторых близких атомных оболочек.

Другой областью применения синхротронного излучения является фотоэлектронная спектроскопия: структура твердых тел изучается по электронам, выбиваемым фотонами из оболочек атомов, находящихся в узлах решетке (А. Форти, Р. Вильямс, Великобритания). С помощью специальных монохроматоров можно из сплошного спектра синхротронного излучения выделять достаточно узкие линии с различными длинами волн, т. е. плавно менять энергию падающих фотонов. Это позволяет установить распределение по энергиям электронов твердого тела как в зоне проводимости и в валентной зоне, так и во внутренних атомных оболочках. Вероятность выхода фотоэлектрона

на существенно зависит от его взаимодействия с ионизуемым атомом (Дж. Пендрю, Великобритания) и с электронными оболочками соседних атомов. Поэтому фотоэлектронная спектроскопия позволяет изучать характер этих взаимодействий. Синхротронное излучение позволяет изучать возбуждения в твердом теле, обусловленные образованием рентгеновского экситона — связанного состояния дырки во внутренней оболочке атома и электрона проводимости (М. А. Эланго, СССР).

С помощью синхротронного излучения могут исследоваться и низлежащие ядерные возбужденные состояния. Так, в кристалле возможно существенное изменение характера распада ядерного состояния: из-за появления коллективного возбуждения одинаковых ядер — своеобразного ядерного экситона (Ю. М. Каган, ИАЭ, СССР).

Большой интерес у участников семинара вызвали работы по исследованию биологических объектов с помощью синхротронного излучения. В Советском Союзе такие работы ведутся в основном в Институте ядерной физики АН СССР на электронных синхротронах — накопителях «ВЭПП-2» и «ВЭПП-3».

Было рассказано о работах по созданию для накопителя «ВЭПП-3» сверхпроводящей магнитной системы, которая обеспечит существенное расширение спектра синхротронного излучения в сторону коротких длин волн, что необходимо для широкого класса физико-химических исследований (Н. А. Мезенцев, ИЯФ СО АН СССР).

Создана серия многоканальных детекторов рентгеновского излучения для структурных исследований (А. Г. Хабахнашев, ИЯФ СО АН СССР). Двухкоординатный 4000-канальный детектор (на основе многопроволочной пропорциональной камеры) работает в режиме прямой связи с ЭВМ. Детектор был применен для регистрации картин дифракции синхротронного излучения рентгеновского диапазона, что привело к резкому сокращению экспозиции. Быстродействие детектора 130 кГц, размер ка-

нала 2X2 мм. Детектор входит в состав автоматического многоканального дифрактометра и применяется для исследования структуры кристаллических белков (Институт молекулярной генетики АН СССР).

С помощью двухкоординатного детектора и цветного дисплея были получены также картины рентгеновского просвечивания биологических объектов (костная ткань); цвет использовался для усиления контраста изображения (ИЯФ СО АН СССР).

Использование синхротронного излучения для рентгеноструктурных исследований волокон ДНК позволило определить координаты атомов щелочного металла (Cs), связанных с молекулами. Опыты проводились при длине волны излучения $\sim 1,2$ Å, что заметно уменьшило радиационное разрушение ДНК. Большая интенсивность пучка позволила сократить время съемки на два порядка. Установлено, что ионы Cs⁺ располагаются в большом и малом желобах молекулы, образуя две коаксиальные спирали с радиусами 5 Å и 9,5 Å и десятью ионами на один виток каждой спирали (И. Я. Скуратовский, ИМГ АН СССР).

Синхротронное излучение, полученное с помощью накопителя «ВЭПП-3», было применено для дифракционных исследований строения мышц (А. А. Вазина, Институт биофизики АН СССР). Для регистрации дифракционных картин был использован многоканальный однокоординатный детектор, изготовленный в ИЯФ СО АН СССР. Регистрировалась экваториальная часть дифракционной картины мышц лягушки на разных стадиях процесса ее сокращения. Длительность регистрации одного кадра — 0,1 с. Методика позволяет изучать динамику структурных превращений мышцы.

М. Я. Амуся,
доктор физико-математических наук
Ленинград

Т. Д. Мокульская,
кандидат
физико-математических наук
Москва

Физика

Мощный ускоритель тяжелых ионов — изохронный циклотрон У-400

В конце декабря 1978 г. в Объединенном институте ядерных исследований (Дубна) был запущен циклотрон У-400 — один из наиболее совершенных ускорителей тяжелых ионов. Исследования, проводившиеся в области ядерной физики в последние 10—20 лет, показали, что в реакциях с тяжелыми ионами можно не только эффективно синтезировать и изучать новые ядра с большим избытком или недостатком нейтронов, увеличивать скачком заряд ядра на 10—30 единиц, но и исследовать ядра в высоко возбужденных состояниях, резко отличающихся от основных по деформации или плотности ядерной материи.

В 1960 г. в Лаборатории ядерных реакций был запущен циклотрон У-300 с диаметром полюсов 310 см, специально предназначенный для ускорения тяжелых ионов. Этот ускоритель на многие годы обеспечил лидирующее положение ОИЯИ в исследованиях по физике тяжелых ионов: был осуществлен синтез новых трансурановых элементов от 102 до 107, открыты три новых вида радиоактивности — спонтанное деление ядер из основного состояния, существенно отличающегося по форме от основного; запаздывающее деление ядер, удаленных от линий β стабильности и происходящее после β распада ядер; распад ядер путем испускания запаздывающих протонов и ряд других явлений. Однако полученные результаты составляют лишь малую долю того, что предстоит еще сделать, число же направлений непрерывно расширяется. Примером таких новых фундаментальных направлений, давших значительный импульс развитию нового поколения ускорителей тяжелых ионов, является проблема синтеза сверхтяжелых элементов с порядковым номером большим 110. При обсуж-

дении возможностей существования сверхплотных, сверхзаряженных или нейтронных ядер указывается, что, пожалуй, единственным методом их искусственного получения является использование тяжелых ионов¹. Необходимо отметить также большое значение прикладных исследований, которые были начаты и успешно развиваются в Дубне; к ним относятся, например, работы по созданию ядерных фильтров — пленок с размером пор от 50 Å до десятков микрон², исследования по радиационной стойкости материалов и другие.

Решение таких задач предъявляет специфические требования к ускорителям тяжелых ионов: к их интенсивности, энергии и атомному номеру ядер, используемых в реакциях. Построить один ускоритель, имеющий для всех ионов, вплоть до урана, максимальную энергию и интенсивность, чрезвычайно сложно.

Решение о сооружении в Лаборатории ядерных реакций (ЛЯР) У-400 было принято Ученым советом института в 1974 г., причем основное внимание было уделено получению интенсивных пучков тяжелых ионов элементов первой половины таблицы Менделеева. Проект ускорителя был разработан в ЛЯР; в его основу легли итоги двадцатилетних экспериментальных исследований, проведенных специалистами лаборатории в области физики и техники ускорителей. Новый циклотрон был сооружен под руководством Г. Н. Флерова и Ю. Ц. Оганесяна в предельно короткие сроки — за три года, причем практически полностью силами ОИЯИ.

Электромагнит циклотрона весом 2000 т собран из отдельных пакетов обычных стальных листов; его изготовление велось непосредственно в зале циклотрона. С помощью четырех пар секторов осуществляется азимутальное измене-

ние магнитного поля, обеспечивающее жесткую фокусировку пучка. Толщина секторов увеличивается ступенчато с радиусом магнита, что обеспечивает рост средней величины магнитного поля; в результате удается получить изохронную форму среднего магнитного поля величиной $\sim 2,13$ Т. (Изохронность магнитного поля обеспечивает синхронность обращения ионов по орбите с частотой ускоряющего высокочастотного напряжения. Иными словами, рост магнитного поля должен соответствовать росту массы иона, возникающему в процессе ускорения за счет релятивистских эффектов.) Такая форма магнитного поля позволяет доводить пучок ионов до конечного радиуса ускорения без существенных потерь. Этой же цели служат токовые корректирующие катушки. Основной диапазон ускоряемых частиц по массовому числу (A_i) 20—140, максимальная энергия ~ 10 МэВ/нуклон, что примерно вдвое превышает ту пороговую энергию, выше которой начинается ядерная реакция, приводящая, в частности, к синтезу новых элементов. Необходимая для ряда прикладных исследований энергия 1—2 МэВ/нуклон будет обеспечена практически для всех ионов вплоть до A_i 240. Для масс A_i 40—70 интенсивность ускоренных частиц составит $\sim 10^{13}$ — 10^{14} частиц/с, что в десятки раз превосходит интенсивности самых мощных существующих ускорителей. Этот диапазон масс частиц наиболее благоприятен для синтеза сверхтяжелых элементов.

Для вывода пучка из циклотрона У-400 используется метод перезарядки, предложенный Ю. Ц. Оганесяном и др. в 1964 г.: ионы, проходя через тонкую углеродную пленку, увеличивают свой заряд, в результате возникает сильная радиальная неустойчивость движения. Описывая резко раскручивающуюся спираль в аксиальном неоднородном магнитном поле (один или два оборота), частицы выходят из камеры ускорителя. Плавное регулирование энергии ионов достигается за счет перемещения углеродной пленки по радиусу

¹ Подробнее об этом см.: Оганесян Ю. Ц. На пути к сверхтяжелым. — «Природа», 1977, № 6.

² «Природа», 1978, № 9, с. 132.

камеры, а ее перемещение по азимуту позволяет направлять пучки ионов разных энергий на мишень, находящуюся в фиксированном положении.

Для тяжелых ионов образуется спектр частиц одинаковой энергии, но с разным зарядом, что позволяет выводить и использовать в экспериментах одновременно три пучка с зарядами, отличающимися на одну или две единицы (например, $^{40}\text{Ar}^{+16}$, $^{40}\text{Ar}^{+17}$, $^{40}\text{Ar}^{+18}$).

В декабре 1978 г. на циклотроне У-400 был получен интенсивный пучок ионов аргона. Сейчас начинаются первые эксперименты. Параллельно ведутся работы по повышению интенсивности и энергии пучков ионов, расширению ассортимента ускоряемых частиц, развитию системы транспортировки выведенных пучков, создается экспериментальный центр У-400.

18—21 апреля 1979 г. в Дубне состоялось международное совещание, посвященное подготовке экспериментов на У-400. В нем приняли участие ведущие специалисты из различных научных центров стран-участниц ОИЯИ. Цель совещания — дальнейшая координация усилий по различным актуальным направлениям ядерной физики, наиболее полно соответствующим уникальным возможностям нового ускорителя. В ряде стран (ПНР, ГДР, СРР, ВНР) ведется подготовка аппаратуры для проведения совместных экспериментов на циклотроне У-400.

Б. И. Пустыльник,
кандидат
физико-математических наук
Дубна

Физика

Первые результаты PETRA

Осенью 1978 г. в Институте физики элементарных частиц (DESY, Гамбург, ФРГ) начала функционировать установка на встречных электрон-позитронных пучках PETRA (positron-electron tandem ring accelerator). В ней энергия пучков может быть доведена до 19 ГэВ, что

позволяет исследовать область энергий до 38 ГэВ (в системе отсчета, связанной с центром инерции сталкивающихся частиц).

Недавно на PETRA получены первые результаты. Две интернациональные группы физиков — MARK-J¹ (исследователи из Голландии, КНР, США и ФРГ) и PLUTO (Норвегия, США и ФРГ) — изучали процесс столкновения электрона и позитрона, в результате которого образуются адроны. Было измерено отношение R полного сечения $\sigma_{\text{адр}}$ этого процесса ($e^+ + e^- \rightarrow \text{любые адроны}$) к полному сечению $\sigma_{\mu\mu}$ реакции с образованием пары мюонов ($e^+ + e^- \rightarrow \mu^+ + \mu^-$). Опыты проводились при двух значениях полной энергии сталкивающихся частиц — 13 и 17 ГэВ. Группой MARK-J получено, что $R_{13\text{ГэВ}} = 4,6 \pm 0,5$; $R_{17\text{ГэВ}} = 4,9 \pm 0,6$. Таким образом, установлено, что величина R постоянна в этой области энергий: $R_{13\text{ГэВ}}/R_{17\text{ГэВ}} = 1,08 \pm 0,18$.

Группа PLUTO получила для R близкие результаты:

$$R_{13\text{ГэВ}} = 5,0 \pm 0,5;$$

$$R_{17\text{ГэВ}} = 4,3 \pm 0,5.$$

Все приведенные значения имеют, кроме того, дополнительную систематическую ошибку $\sim 20\%$.

Экспериментальное измерение R имеет большое значение для развития теории сильных взаимодействий. С точки зрения кварковой модели, образование адронов при столкновении электрона и позитрона можно описать как последовательность двух процессов. В первом происходит рождение кварк — антикварковой пары $q_i \bar{q}_i$ с зарядами $\pm Q_i e$, где e — заряд электрона, а индекс i обозначает сорт рожденных кварков (u , d , s и т. д.). Согласно существующим представлениям, так как кварки являются точечными частицами, то процесс $e^+ + e^- \rightarrow q_i + \bar{q}_i$, описываемый квантовой электродинамикой, во всем подобен рождению обычных точечных частиц (например, пары мюонов μ^+ , μ^-). Его сечение $\sigma_{q\bar{q}}$ отличается от $\sigma_{\mu\mu}$ лишь множителем Q_i^2 , появляющимся из-за различия зарядов кварков и мюонов, т. е. $\sigma_{q\bar{q}} = Q_i^2 \sigma_{\mu\mu}$.

После того как пара кварков родилась, она в процессе разлета превращается в обычные адроны. Из теории следует, что на второй стадии сечение реакции не изменяется (т. е. $\sigma_{\text{адр}} \sim \sigma_{q\bar{q}}$). Суммируя по всем сортам кварков, рожденных в этом процессе, получаем для R выражение:

$$R = \frac{\sigma_{\text{адр}}}{\sigma_{\mu\mu}} \approx \sum_i \frac{\sigma_{q\bar{q}}}{\sigma_{\mu\mu}} = 3 \sum_i Q_i^2,$$

т. е. величина R в области больших энергий стремится к постоянной величине, определяемой зарядами кварков. Множитель 3 появился из-за того, что кварки каждого сорта существуют в трех различных состояниях (имеется в виду гипотеза «цвета»). Таким образом, экспериментальное измерение R позволяет как бы прямо пересчитать кварки.

Используя значения зарядов кварков ($Q_u = 2/3$, $Q_d = -1/3$, $Q_s = -1/3$, $Q_c = 2/3$), можно вычислить величину R . Следует лишь иметь в виду, что масса «очарованного» c -кварка существенно больше массы «обычных» кварков (u , d и s) и примерно равна 2 ГэВ. Поэтому, если суммарная энергия сталкивающихся электронов и позитронов меньше 4 ГэВ, «очарованная» пара родиться не может и мы как бы имеем дело лишь с кварками трех сортов. Тогда $R = 3[(2/3)^2 + (-1/3)^2 + (-1/3)^2] = 2$. И действительно, экспериментальные данные, полученные на ряде электрон-позитронных ускорителей в интервале энергий 2,5–3,5 ГэВ, дают $R = 2,5 \pm 0,5$.

При повышении энергии мы попадаем в область рождения пары $c\bar{c}$ ($E \approx 4$ ГэВ). Там поведение R имеет сложный характер: появляется ряд резонансных пиков, объясняемых образованием связанных состояний «очарованных» кварков (так называемого чармония¹); исследо-

¹ Окунь Л. Б. Новые мезоны. — «Природа», 1976, № 8; Волошин М. Б. Спектр чармония и взаимодействие кварков. — «Природа», 1979, № 1.

вание структуры этих пиков, проведенное на встречных электрон-позитронных пучках SPEAR в Станфорде (США), привело Б. Рихтера к открытию знаменитых ψ -частиц².

При дальнейшем повышении энергии (больше 5 ГэВ) величина R снова выходит на плато; теперь вклад дадут все четыре кварка, и мы должны получить для R значение $10/3 \approx 3,3$. Однако экспериментальные данные нескольких групп дают завышенное значение R ($4,5 \div 5,5$), что пока не получило удовлетворительного объяснения. По-видимому, это разногласие можно частично объяснить вкладом процесса рождения тяжелых t -лептонов³ и их последующим превращением в адроны.

В области энергий 10 ГэВ, как известно, расположены резонансные пики, связанные с семейством Υ -мезонов⁴, состоящих из пары новых b -кварков с зарядом $Q_b = -1/3$. (Эти пики наблюдались на встречных электрон-позитронных пучках DORIS в Гамбурге.) Следовательно, при еще больших энергиях надо учесть вклад b -кварков; тогда $R = 11/3 \approx 3,7$.

Именно это значение R и должно было быть найдено в экспериментах на PETRA (отметим, что в приведенных данных, полученных на PETRA, вклад t -лептонов уже вычтен). Как видно, по-прежнему наблюдается некоторое расхождение с теорией, хотя большие ошибки эксперимента не позволяют сделать однозначного вывода.

Что можно ожидать при дальнейшем повышении энергии

сталкивающихся электронов и позитронов? Если справедливо предположение о существовании t -кварка с зарядом $Q_t = 2/3$, то выше порога рождения пары $t\bar{t}$ (30 ГэВ) должны обнаружиться следы нового семейства частиц и величина R должна стать равной 5.

Группа MARK-J получила также новые данные, подтверждающие справедливость квантовой электродинамики: угловое распределение для упругого электрон-позитронного рассеяния при 17 ГэВ находится в блестящем согласии с предсказаниями этой теории, применимой, таким образом, вплоть до самых высоких из доступных в настоящее время энергий.

Группа PLUTO представила детальный анализ событий множественного рождения адронов при 13 и 17 ГэВ. Ранее эта группа показала, что рождение адронов происходит двумя «струями». С точки зрения кварковой модели, каждая из струй порождается «своим» кварком, так что ее ось совпадает с импульсом этого кварка. Импульсы адронов, входящих в струю, направлены в основном вдоль ее оси. При этом с повышением энергии столкновения средней продольный (относительно оси) импульс частиц в струе должен расти, а средний поперечный импульс — стремиться к постоянной величине. В опытах на PETRA эта картина наблюдалась еще более отчетливо, что является дополнительным подтверждением кварковой модели адронов.

По материалам: Barber D. et al. MIT, 1979, Report No 100 (США); Berger Ch. et al. DESY, 1979, Report No 79/11 (ФРГ).

Физика

Получен металлический водород!

В Лаборатории им. Лоуренса (Калифорнийский университет, США) наблюдалось падение сопротивления водорода, адиабатически сжатого до давления в 2 Мбар¹. При

таком давлении удельное сопротивление падало до величины, меньшей 1,0 Ом/см. По оценкам, плотность металлической фазы была порядка 1,06 г/см³. Начальная температура сжимаемого газа составляла 15 К.

Для достижения столь высоких давлений был применен метод обжатия магнитного потока, заключенного между цилиндром из нержавеющей стали и серебряной трубкой с водородом; их общая ось совпадала с осью соленоида, подключенного к мощной конденсаторной батарее.

Электрический разряд создавал в полости соленоида начальное магнитное поле с индукцией 5 Т. С небольшим запаздыванием относительно начала разряда батареи в установившемся состоянии производился взрыв, направленный к оси соленоида. При взрыве вначале происходило обжатие цилиндра, что приводило к сжатию заключенного внутри него магнитного потока и соответствующему росту индукции поля до величины более чем 1000 Т. Нараставшее магнитное поле, в свою очередь, обжимало трубку с водородом.

Трубка закрывалась с обоих торцов медными пробками. Одна из пробок была выполнена в виде коаксиального кабеля с медной внутренней жилой, отделенной от наружного проводника поликристаллической окисью алюминия (Al_2O_3), остающейся изолятором при давлениях вплоть до 5 Мбар). Трубка с водородом и пробки образовывали окончание волновода. В ходе эксперимента вдоль волновода посылались цепочки электромагнитных импульсов пилообразной формы с частотой 15 МГц. Прямые и отраженные от конца волновода импульсы имели одну и ту же полярность, когда водород оставался диэлектриком, т. е. волновод был открыт. Металлизация во-

² Одновременно ψ -частицы были открыты С. Тингом в экспериментах с протонными пучками на ускорителе в Брукхейвене. Подробнее см.: Кобзарев И. Ю. Лауреаты Нобелевской премии по физике — С. Тинг, Б. Рихтер. — «Природа», 1977, № 1.

³ «Природа», 1978, № 2, с. 145; Азимов Я. И., Хозе В. А. Тяжелые кварки и лептоны. — «Природа», 1979, № 5.

⁴ «Природа», 1979, № 2, с. 105.

¹ О проблеме перехода водорода в металлическое состояние см.: «Природа», 1972, № 3, с. 9; 1973, № 6, с. 108; 1975, № 6, с. 91; 1976, № 4, с. 70.

дорода, т. е. замыкание волновода, приводила к изменению полярности отраженных импульсов.

Неон, сжатый в аналогичных условиях, остался изолатором.

«Physical Review Letters», 1978, v. 41, № 14, p. 994 (США); «Journal of the Applied Physics», 1978, v. 49, № 6, p. 3298 (США).

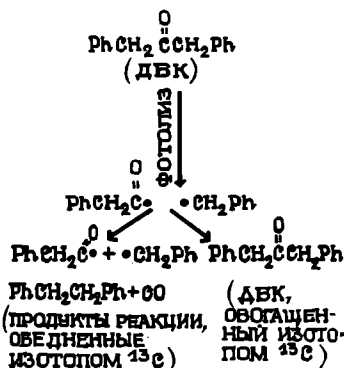
Химическая физика

Спиновый изотопный эффект

Н. Туро и Б. Крайзер (Колумбийский университет, Нью-Йорк, США) при исследовании разложения дибензил-

кетона $\text{PhCH}_2\text{C}(=\text{O})\text{CH}_2\text{Ph}$ (ДБК) под действием солнечного света пришли к выводу, что в этом процессе могут быть эффективно разделены изотопы ^{12}C и ^{13}C .

В процессе фотолитического разложения в растворе бензола нарушается связь между углеродом карбонильной группы $\text{C}=\text{O}$ и смежным углеродом группы CH_2 ; в результате образуются два свободных радикала $\text{PhCH}_2\text{CO}\cdot$ и $\cdot\text{CH}_2\text{Ph}$, которые в конечном счете дают следующие



Разделение изотопов ^{12}C и ^{13}C при фотолитическом разложении дибензилкетона.

щие продукты реакции: ДБК, обогащенный изотопом ^{13}C , а также 1,2-дифенилэтан и окись углерода, обедненные изотопом ^{13}C .

Так как ядерный спин изотопа ^{13}C равен $1/2$, а более распространенного изотопа ^{12}C — нулю, то химически идентичные молекулы, содержащие различные изотопы, могут по-разному участвовать в химических реакциях. Ядерный спин изотопа ^{13}C взаимодействует со спином неспаренного электрона радикала $\cdot\text{CH}_2\text{Ph}$; в результате рекомбинация радикалов с образованием ДБК энергетически более выгодна. С другой стороны, в молекулах ДБК, содержащих ^{12}C , такое взаимодействие отсутствует, поэтому образующиеся при фотолитическом разложении этих молекул радикалы рекомбинируют в меньшей степени и образуют в основном 1,2-дифенилэтан и СО.

Эффект обогащения изотопом ^{13}C усиливается, если фотолиз происходит в растворе гексадецилтриметиламмоний-хлорида.

По мнению Туро и Крайзера, обнаруженный ими спиновый изотопный эффект в фотолитическом процессе может быть применен для разделения изотопов.

«Journal of the American Chemical Society», 1978, v. 100, p. 7434 (США).

Молекулярная биология

Инфекционная РНК — не-транслируемая РНК

Недавно группа немецких специалистов (Институт биохимии им. М. Планка, Мюнхен, и Университет им. Ю. Либиха, Гессен, ФРГ) расшифровала последовательность нуклеозидфосфатов¹, составляющих кольцевую однонитчатую инфекционную РНК, ина-

че называемую виридом — возбудителя веретеновидности клубней картофеля. Вириды — это небольшие частицы, состоящие, по-видимому, из кольцевых инфекционных РНК с молекулярным весом около 120 000. Они отличаются от обычных вирусов, в частности, отсутствием белковой оболочки. Поражая сельскохозяйственные культуры (картофель, огурцы, хмель, цитрусовые и др.), вириды вызывают большие потери урожая.

Анализ последовательности 359 нуклеотидов инфекционной РНК показал, что она не может служить информационной РНК, т. е. является нетранслируемой РНК. Каким же образом она воспроизводится и действует в растительной клетке? Может быть, после проникновения такой РНК в растительную клетку на ней, как на матрице, синтезируется под действием специального фермента (РНК-полимеразы) растения-хозяина другая, комплементарная РНК, уже являющаяся иРНК? Согласно теоретическим расчетам, такая РНК могла бы служить в качестве иРНК для синтеза по крайней мере 4 низкомолекулярных белков. Действительно, комплементарная РНК была обнаружена в зараженных виридом растительных клетках²; кроме того, наблюдали синтез двух чужеродных для растения-хозяина белков³.

Эти данные позволили заключить, что при проникновении виридов в растительные клетки на их РНК синтезируется комплементарная РНК, которая используется в качестве иРНК для образования нескольких виридных белков; таким образом обеспечивается развитие инфекции и репликация вирида.

В. Р. Шатилов,

кандидат биологических наук
Москва

² «Proc. Nation. Acad. Sci. USA», 1978, v. 75, p. 896—900.

³ «Virology», 1977, v. 77, p. 221—232.

¹ «Nature», 1978, № 273, p. 203—208.

Биохимия

Иммобилизованные ферменты лечат

Группа американских исследователей Йельского университета, Нью-Йоркского государственного университета и Мемориального института (Розелл Парк, Нью-Йорк) испытала на животных специально сконструированный реактор с иммобилизованным¹ на поверхности нейлоновых трубок ферментом — фенилаланин-аммиак-лиазой, который разрушает аминокислоту фенилаланин. Хорошо известно, что повышенное содержание фенилаланина в крови — результат фенилкетонурии, наследственного тяжелого заболевания, сопровождающегося нервно-психическим расстройством: слабоумием, повышенной раздражительностью.

Установлено, что причина этой болезни — дефект гена, ответственного за синтез фермента, регулирующего содержание фенилаланина в крови. По-видимому, самый надежный метод лечения заключается во введении в кровь недостающего фермента. Однако опыты показали, что этот фермент быстро разрушается. А вот иммобилизация значительно увеличивает его время жизни.

Включение реактора с иммобилизованным ферментом во внешнюю цепь искусственного кровообращения или в естественное кровообращение между бедренной артерией и веной собак, которым был введен гепарин (для предотвращения свертывания крови), дало хорошие результаты: искусственно созданное высокое содержание фенилаланина в циркулирующей через реак-

тор крови животных быстро уменьшалось. Предполагается, что подобные реакторы станут хорошим инструментом для клинического лечения пациентов, страдающих фенилкетонурией, особенно в период резкого обострения болезни.

«Science», 1978, v. 201, № 4358, p. 837—839 (США).



Биохимия

Глюкоза из растительных отходов

При переработке сельскохозяйственной продукции остается большое количество различных растительных отходов, богатых целлюлозой (свекловичный жом, стебли и кочерыжки кукурузы, травянистая масса и др.). Их можно рационально использовать, если, например, путем гидролиза превратить целлюлозу в глюкозу. Однако целлюлоза в растительном материале пропитана ароматическим полимером лигнином, который препятствует ее гидролизу. Кроме того, обычно гидролиз проводят или в серной кислоте, или с помощью ферментного целлюлозного комплекса. Но кислотный гидролиз дает много нежелательных побочных продуктов, от которых трудно избавиться, а при гидролизе целлюлозным комплексом выход глюкозы очень низкий. Для повышения эффективности ферментативного гидролиза целлюлозу необходимо освободить от лигнина, сделать ее доступной для действия ферментов.

Недавно американские исследователи М. и С. Лэдиш и Г. Тсао установили, что эффективность ферментативного гидролиза растительных отходов резко возрастает, если их обрабатывать в течение 12 час при комнатной температуре раствором лигнина — кадоксеном (5% окиси кадмия в 28%-ном водном этилендиамине). После этого выход глюкозы при последующем ферментативном гидролизе составлял 90%. Преимущество ис-

пользования кадоксена заключается еще и в том, что его можно регенерировать и использовать неоднократно. Но, как отмечают авторы, кадоксен токсичен; поэтому в дальнейшем вместо него предполагается использовать другие нетоксичные растворители, обладающие аналогичным действием.

«Science», 1978, v. 201, № 4357, p. 743—745 (США).



Биология

Гибридная пчела одерживает верх

Несколько лет назад вышедшие из экспериментальной лаборатории африканские пчелы начали бурно распространяться по Южной Америке на север. С тех пор здесь возникла новая форма, представляющая собой гибрид «иммигрантки» — пчелы африканской — с ранее известной в Америке менее агрессивной, но и менее медоносной европейской разновидностью. Эта гибридная форма интенсивно вытесняет европейскую пчелу из одного района ее обитания за другим. Ныне энтомологу Д. У. Рубику из Университета штата Канзас в Лоуренсе удалось определить, каким именно образом это осуществляется.

Наблюдения, проведенные им во Французской Гвиане, показали, что с ростом числа пчел гибридной формы поголовье европейского вида всегда пропорционально падает. Случаев прямого агрессивного поведения гибридной формы в отношении европейской пчелы не замечено. Очевидно, механизм этого воздействия состоит в том, что гибридные особи успешно конкурируют с особями местного вида в борьбе за основной источник питания — цветочную пыльцу. В пользу этого предположения говорят, в частности, эксперименты, поставленные Рубиком над обеими формами пчел с использованием ряда цветущих растений этого района.

«Science News», 1978, v. 114, № 14, p. 232 (США).

¹ Термин «иммобилизованный фермент» применяется ко всем типам нерастворимых производных ферментов, в частности к их стабилизированным формам. Подробнее об иммобилизованных ферментах см.: Торчилин В. П. Инженерная энзимология — наука об иммобилизованных ферментах. — «Природа», 1978, № 12.

Диалог с гориллой

За последние годы был проведен не один успешный эксперимент по обучению шимпанзе различным способам коммуникации с человеком: посредством языка жестов, умения «набивать» осмысленные сообщения на специально приспособленной для этого клавиатуре; в отдельных случаях удавалось даже научить их произносить несколько слов. Гориллы по своему уровню развития до сих пор считались менее подходящим объектом для подобных опытов. И вот ныне увенчался успехом цикл экспериментов, которые ведутся группой сотрудников Станфордского университета (штат Калифорния, США), возглавляемой Ф. Паттерсоном — специалистом по психологии развития речи.

Семилетняя самка равнинной гориллы по кличке Коко в течение пяти с лишним лет обучалась языку жестов, на котором объясняются глухие и глухонемые в США. За это время она научилась правильно понимать и время от времени использовать около 650 знаков-жестов. Активный повседневный ее словарь насчитывает 375 знаков, включая, например, такие, как «самолет», «леденец», «друг», «стетоскоп».

Важной особенностью, отличающей эти эксперименты от большинства аналогичных, является то, что Коко далеко превзошла уровень простого повторения жестов. Она «разговаривает» знаками сама с собой, изобретает знаки — названия новым для нее объектам, придумывает воображаемые игровые ситуации с использованием знаков; Коко сама разрабатывает новые сочетания знаков-жестов; умеет «ругаться» (рассердившись однажды на экспериментатора, она обозвала ее так: «Ты плохая грязная уборная!»); проявляет чувство юмора и даже использует язык жестов для сознательной лжи (например, когда ее застали за за-

pretным занятием — она жевала красный мелок, предназначенный для рисования, — Коко ответила на выговор Паттерсона жестами, имеющими смысл: «Я не ем, я играю женщину с губной помадой»). Коко имеет представление о таких абстрактных понятиях, как скука, воображение и т. п., а также о прошедшем и будущем времени. Увидев лошадь с удилами во рту, Коко сигнализировала: «Лошадь печально». — «Почему?» — спросила жестом экспериментатор. — «Зубы», — ответила обезьяна. Коко показали фотографию

слов целым изучением развития обезьяны. Например, показывая картинки с изображением шляпы, ложки, дерева и дома, экспериментатор спрашивает, что лучше всего подходит, чтобы укрыться от дождя, и Коко, естественно, указывает на дерево, а не на дом, как должен был сделать для получения высокого балла ребенок.

В течение двух последних лет в одном помещении с Коко содержится молодой самец ее же вида по кличке Майкл. Его словарь языка жестов пока насчитывает лишь



Экспериментатор обучает гориллу жесту, обозначающему на языке глухонемых понятие «машина».

другой гориллы, сопротивляющейся попыткам посадить ее в ванну с водой. Тоже ненавидящая мытье, Коко дала знаками понять: «Я там плакать».

Коэффициент ее умственного развития в четырехлетнем возрасте, измеренный по одной из предназначенных для людей систем, оказался лишь немного ниже уровня обычного ребенка. Экспериментатор, впрочем, отмечает несоответствие некоторых те-

45 понятий, а скорость, с которой он ими пользуется, значительно уступает «оперативности» Коко. В обучении Майкла в отдельных случаях участвует и Коко. Исследователи намерены наблюдать и далее за возможным общением между этими обезьянами на человеческом языке жестов.

Недавно группа специалистов, возглавляемая П. Саппсом (Институт математических методов исследования в общественных науках при Станфордском университете), разработала специальное клавишное устройство, связанное

с ЭВМ, которое способно вокализовать (превращать в звуки речи) набираемые обезьяной понятия. На 46 клавишах изображены не только обычные буквы или цифры, но и произвольные цветные узоры, обозначающие предметы, действия, чувства, а также местоимения, предлоги, определения и т. п. Когда эксперимен-

татор предъявляет, например, яблоко, Коко должна нажать клавиши, обозначающие: «хочу», «яблоко», «есть». Тогда ЭВМ выдает «синтетические» слова, произносимые женским голосом на английском языке. Тем самым у обезьяны возникает возможность постоянно связывать понятия, которыми она владеет на языке жестов, с аналогичными понятиями устной человеческой речи. Замечено, что Коко обычно нажимает на клавишу пальцем одной руки, а другой в то же время изображает соответствующий жест, т. е. парал-

лельно пользуется обоими «языками». Понимая уже сотни слов устной речи, Коко сама способна произносить лишь 46 слов.

Работы с гориллами продолжают, ибо они представляют большой интерес для познания психологии развития речи у приматов.

«New Scientist», 1978, v. 79, № 1122, p. 919; «National Geographic Magazine», 1978, v. 154, № 4, p. 438—464 (США).

Экспериментатор жестом «говорит» горилле: «Фрукт», и Коко нажимает на клавиши, соответствующие словам: «хочу», «яблоко», «есть», «хочу».

МАБ

Этология

Кит ищет помощи у людей

Исландский океанолог Э. Йонссон (Институт морских исследований в Рейкьявике) сообщает о случае осознанного контакта кита с людьми, который стал ему известен от трех рыбаков — непосредственных очевидцев.

В июле 1971 г. их малое рыболовное судно (длиной всего около 5 м) находилось на промысле у берегов северо-западной части Исландии, близ Слетты. В один из дней они заметили малого полосатика (*Balaenoptera acutorostrata*), кружившего возле судна, постепенно приближаясь к нему. Примерно через 2 часа огромное животное, не менее 8 м длиной, оказалось совсем рядом, и тогда рыбаки ясно увидели, что голова кита затянута, словно арканом, большим обрывком розовой полиэтиленовой сети (обычно используемой на траулерах), мешавшей ему раскрывать рот.

Кит вел себя так, будто просил помощи у людей. Он много раз подходил вплотную к суденышку, как бы показывая экипажу, что с ним случилось. Неоднократно подныривая под судно, он явно старался ему не повредить. Наконец кит встал вертикально у самого борта, и тогда рыбаки попытались багром содрать сеть с его головы, но этому мешали волнение моря и несогласованность действий людей и живот-



ного. В конце концов кит, в очередной раз нырнув под судно, стал тереться головой о киль и таким способом ухитрился стащить с себя сеть. Даже этот отчаянный маневр он предпринял столь осторожно, что лодка, почти вдвое уступающая размерам кита, не говоря уже о его массе, едва-едва покачнулась.

Освободившись от пут, кит исполнил «танец радости»: встав на хвост, он кружился рядом с судном, игриво шлепаясь спиной в воду. Успокоившись, кит еще долго не покидал людей. Когда рыбаки запустили двигатель и направились к берегу, он последовал за ними. В течение 3 часов кит сопровождал судно, то играя в его носовой волне, то приставившись сзади. И только когда рыбаки вошли в родной фьорд, кит повернул в открытое море. Всего он провел «в обществе» людей около 5 часов.

Йонссону известно еще лишь одно недавнее свидетельство печальной встречи кита с рыбацкими сетями в водах Исландии. В январе 1978 г. рыбаки заметили в Эйя-фьорде на севере Исландии запутавшегося в их сетях горбача (*Megaptera novaeangliae*). Чтобы освободить кита и спасти сети, рыбаки решили пойти назад за инструментами, но когда они вернулись на следующий день, не нашли ни кита, ни сетей.

«Náttúrufræðingurinn», 1978, в. 48, № 1—2, р. 9—18 (Исландия).

весить более 10 кг; размах его крыльев достигает почти 3 м. Столь большие размеры птицы, считавшейся опасным хищником, долгое время делали ее легкой добычей охотников, браконьеров, необразованных скотоводов.

Сейчас в США принимаются экстренные меры для спасения этой крупнейшей сухопутной птицы Северной Америки от полного вымирания. Делаются попытки выводить птенцов в неволе. Место обитания последних кондоров взято под строжайшую охрану.

«Science News», v. 114, № 20, p. 327 (США).



Охрана природы

Судьба тропических лесов

Как сообщил на VIII Всемирном конгрессе по лесоводству, состоявшемся в октябре 1978 г. в Джакарте, генеральный директор ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН) Э. Саума, в настоящее время тропические леса вырубаются со скоростью 16 млн. га в год; за месяц вырубаются площадь, равная Кипру, за час — 30 га. В связи с таким положением ФАО приступила к выполнению новой своей Программы коммунального лесоводства.

Ближайшая цель этой программы — определить, какими путями можно добиться, чтобы леса в развивающихся странах (главным образом тропические леса) служили не только как традиционный источник древесины и топлива, но и как средство, сдерживающее, например, эрозию почв или предотвращающее наводнения, т. е. отвечали бы более широким общественным интересам. Программа предусматривает принятие ряда мер, которые позволили бы снизить экономическое «давление» на существующие леса. В частности, начата кампания за проведение лесопосадок, принадле-

жащих каждой отдельной деревне.

Создан новый Международный совет исследований в области агролесоводства, штаб-квартира которого находится в Найроби (Кения). Совет, поощряя крестьян к разведению леса и сокращению порубок, не только консультирует, но и оказывает финансовую поддержку населению, ведущему посадку быстрорастущих древесных пород на вырубках (поддержка осуществляется до тех пор, пока лесной покров не возобновится, т. е. пока в новопосаженных лесах не сомкнутся кроны деревьев).

VIII Всемирный конгресс по лесоводству проходил под девизом «Леса — народу». На нем впервые, в отличие от предыдущих конгрессов подобного рода, проблемам производства древесины было отведено второстепенное место. Напротив, подчеркивалась та многообразная роль, которую лесной покров играет в жизни всего человечества; широко обсуждались вопросы возобновления леса, использования его как сырья для фармацевтической и пищевой промышленности, в органической химии, в качестве генетического ресурса и т. д.

«IUCN Bulletin», 1978, в. 9, № 12, p. 72

(Бюллетень МСОП, Швейцария); «New Scientist», 1978, в. 80, № 1131, p. 666 (Великобритания).

Геофизика

Переносный гравиметр высокой точности

Часто возникает необходимость измерять ускорение силы тяжести в произвольной точке земной поверхности, для чего требуется переносный гравиметр высокой точности. Такой прибор создан в Институте автоматизации и электрометрии СО АН СССР (Новосибирск). Его схема показана на рисунке.

С помощью этого прибора можно рассчитать ускорение силы тяжести по формуле:



Охрана природы

Кондор у последней черты

В октябре 1978 г. американские орнитологи провели очередную ежегодную перепись одной из крупнейших птиц на земном шаре — кондора. Ныне из некогда очень распространенного вида калифорнийских кондоров в живых осталось только 16 особей.

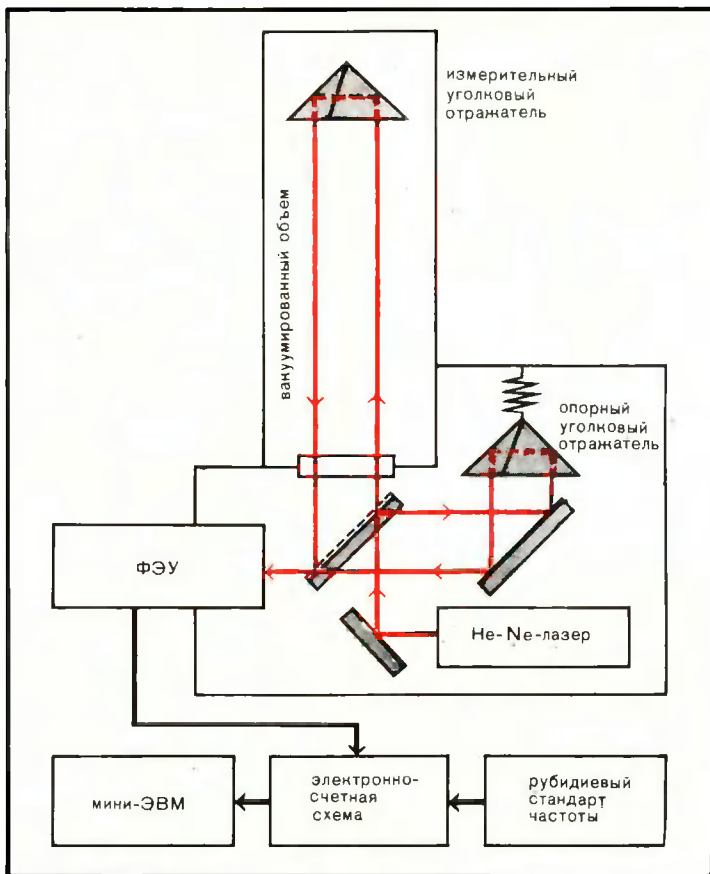
Взрослый кондор может

$$g = \left(\frac{s_2}{t_2} - \frac{s_1}{t_1} \right) \frac{2}{t_2 - t_1} + \Delta g,$$

где t_1, t_2 — время прохождения падающим телом отрезков $s_1 = 0,25$ м и $s_2 = 0,81$ м, Δg — поправка, учитывающая влияние градиента силы тяжести в пункте измерений, лунно-солнечное притяжение и инструментальные погрешности.

Каждое определение ускорения силы тяжести состоит из 10—20 серий измерений, причем серия содержит 100—120 единичных замеров, проводимых в течение получаса (в пределах этого интервала можно использовать линейную экстраполяцию приливных изменений ускорения силы тяжести за время измерения). В перерывах между сериями проводится контроль работы прибора и вычисляются соответствующие поправки. Таким образом, одно измерение содержит массив из 1000—2500 единичных замеров, что позволяет значительно снизить среднеквадратичную ошибку.

С помощью переносного гравиметра была выполнена программа измерений ускорения силы тяжести в четырех стационарных пунктах мировой гравиметрической сети¹: в Москве (пункт № 5035, гравиметрическая лаборатория Института физики Земли АН СССР, пос. Ледово), Потсдаме (пункт S-13, Центральный институт физики Земли АН ГДР), Сингапуре (физический факультет Сингапурского университета) и Париже (пункт А, Севр, Международное бюро мер и весов). Получены следующие результаты².



Потсдам 15/VII.76
981261,424 ± 0,010 мгал,

Москва 25/VII.76
981551,365 ± 0,006 мгал,

Сингапур 18/XII.76
978069,326 ± 0,007 мгал,

Париж 12—20/IX.77
980926,019 ± 0,015 мгал.

Схема переносного гравиметра. Прибор состоит из вакуумированного объема, в котором свободно падает массивное тело, лазерного интерферометра, измеряющего путь, проделанный падающим телом, и время прохождения этого пути (полная длина отрезка свободного падения составляет около метра), а также электронно-счетного блока, обрабатывающего результаты непосредственно в процессе эксперимента. Падающее тело, с которым жестко связан угловой отражатель, включенный в измерительное плечо интерферометра, перемещается и фиксируется электромагнитом. В интерферометре используется красный He-Ne-лазер.

¹ Гравиметрическая сеть — сеть пунктов на земной поверхности, где измерено ускорение силы тяжести и определены геодезические координаты, в том числе высота над уровнем моря. Опорный гравиметрический пункт всей мировой гравиметрической сети находится в Потсдаме, ГДР.

² Данные приведены в миллигалах — единицах, принятых в геофизике; 1 мгал = 10⁻³ см/с².

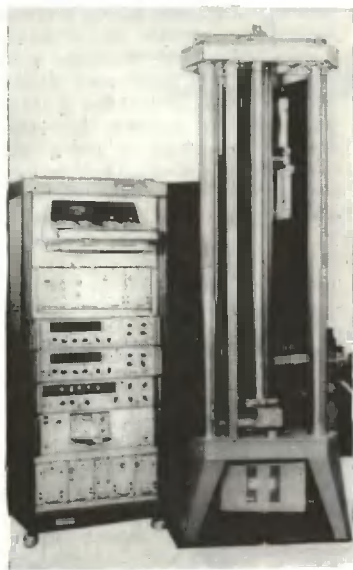
Интересно сравнить результаты, полученные в Севре на приборе новосибирской группы, с результатами, полученными А. Сакумой (Япония)³ и Дж. Хаммондом и Дж. Фалером (США)⁴ на приборах других конструкций:

А. Сакума
980926,016 ± 0,006 мгал,

Дж. Хаммонд и Дж. Фалер
980925,984 ± 0,041 мгал.

³ Sakuma A. Proc. Symp. on Earth's Gravitational Field and Secular Variation in Position. Sydney, 1973, p. 674.

⁴ Hammond L. A., Faller J. E. NBS Spec. Publ. 343, Washington, 1971, p. 457.



Общий вид гравиметра.

Следует отметить, что результат Сакумы получен на стационарном приборе.

Таким образом, результаты, полученные на гравиметрах различной конструкции, достаточно хорошо совпадают, что свидетельствует об отсутствии систематических ошибок при измерениях.

«Квантовая электроника», 1979, т. 6, № 3, с. 560—568.

Геология

Глубинное строение Днепровско-Донецкой впадины

Украинские геологи составили специализированную геологическую карту Днепровско-Донецкой впадины на глубине 5000 м¹. Эта узкая линейная структура заполнена мощным осадочным покровом, сверху перекрытым молодыми

мезозойско - кайнозойскими образованиями, которые маскируют ее глубинное строение. Новая карта раскрывает все геологические особенности этого района. Она сопровождается Объяснительной запиской², освещающей методику проведенных построений, а также двумя дополнительными вкладками — геологической картой Днепровско-Донецкой впадины на глубине 6000 м и схемой вероятных разломов дорифейского фундамента. Кроме того, в виде мелко-масштабной врезки приведена структурно-тектоническая карта докембрийского фундамента.

На основной карте представлены стратиграфические подразделения платформенного чехла (с детальностью до отдела и ярусов) от наиболее древних отложений — среднедевонских — до наиболее молодых — нижнепермских. В обрамлении впадины показаны комплексы докембрийского фундамента (со снятым чехлом): это области архейской складчатости (древнее 2600 млн лет) и раннепротерозойской складчатости (2600—2000 млн лет); отмечены области последующих переработок этих комплексов фундамента. Отражен литологический состав пород, слагающих платформенный чехол в районе впадины; изопакиты (линии, соединяющие точки с одинаковой мощностью разновозрастных отложений) дают представление о толщине платформенного чехла, в отдельных случаях достигающей 12 км.

Карта несет еще много другой полезной информации (о преобладающих типах пород-коллекторов, месторождениях нефти и газа, основных скважинах глубокого бурения, региональных сейсмических профилях и т. д.). Подобные геоло-

гические карты-срезы с успехом могут применяться для расшифровки строения других регионов Земли, в особенности глубоких осадочных бассейнов, по которым имеется обильная геофизическая информация и данные глубокого бурения.

Геологическая карта среза Днепровско-Донецкой впадины — важный документ для прогнозирования в ее пределах поисков месторождений полезных ископаемых.

А. Е. Шлезингер,
доктор геолого-
минералогических наук
Москва

Минералогия

Найден самородный алюминий

Б. В. Олейников, А. А. Округин, Н. В. Лескова (Институт геологии Якутского филиала СО АН СССР, Якутск) обнаружили в базальтах Сибирской платформы мелкие блестящие металлы, оказавшиеся самородным алюминием. Как один из наиболее распространенных элементов земной коры алюминий входит в состав сотен минералов, однако до сих пор в форме самородного металла его в природе не встречали.

Зерна алюминия имеют форму пластинок размером до 1 мм в диаметре. Анализы показали, что самородный алюминий содержит до 2,5% магния, а также микровключения соединений типа Al_3Mg_2 , $CuAl_2$, Mg_2Si .

Находка самородного алюминия в базальтах позволяет предположить, что его возникновение связано с действием такого сильного восстановителя, как водород. Нахождение совместно с алюминием других восстановленных металлов — самородной меди, олова, цинка, свинца, сурьмы, железа — указывает на существование природного процесса металлизации силикатного расплава.

«Доклады АН СССР», 1978, т. 243, № 1, с. 191—194.

¹ Геологическая карта Днепровско - Донецкой впадины на срезе — 5000 м. Масштаб 1:500 000. Ред. В. В. Глушко. Киев, 1978.

² Глубинные геологические срезы Днепровско-Донецкой впадины (в связи с перспективами нефтегазоносности). Объяснительная записка к геологическим картам Днепровско-Донецкой впадины на срезах — 5000 и — 6000 м. Масштаб 1:500 000. Киев, 1978.

Физика атмосферы

Необычные атмосферные явления в Новой Зеландии

В конце декабря 1978 г. в ночном небе над Новой Зеландией наблюдался так называемый неопознанный летающий объект. Он был замечен пилотом пассажирского самолета; кроме того, независимо его зарегистрировали с помощью радиолокатора. Затем связанное с этим объектом яркое свечение засняли на пленку с самолета сотрудники телевидения.

Анализ метеобстановки в Новой Зеландии в период, когда велись наблюдения за необычным объектом, привел Н. Черри (метеослужба Новой Зеландии в Крайстчерче) к выводу, что атмосферные условия тогда были весьма экстремальными: над омывающим Новую Зеландию морским бассейном находился мощный слой холодного влажного воздуха, над которым дул северо-западный ветер, перемещавший массы сухого и теплого воздуха.

По мнению Н. Черри, отряженные радиосигналы, зарегистрированные радаром наземной авиаслужбы в Веллингтоне, были связаны не с неким плотным материальным объектом, а с эффектом искривления радиолуча в атмосфере, находящейся в специфических условиях. Что касается визуальных наблюдений, то они, вероятнее всего, вызваны рефракцией в атмосфере огней многочисленных рыболовных судов, которые как раз в это время вышли в море. Для проверки утверждений Н. Черри новозеландские метеорологи планируют провести ряд экспериментов.

Другим объяснением может быть предположение, согласно которому заснятый объект является планетой Венера, которая особенно ярко видна на предутреннем небе в это время.

Метеорология

Глобальный метеозэксперимент начался

1 декабря 1978 г. начался Первый глобальный метеозэксперимент, являющийся частью международной Программы исследования глобальных атмосферных процессов¹. В соответствии с планом, к наблюдениям по этой программе приступили пять геостационарных спутников, размещенных с определенными интервалами над экватором на высоте около 36 000 км.

торой в октябре 1978 г. запущен спутник «Тирос-Н»². Спутники серии «Метеор» передают данные о состоянии атмосферы, получаемые как в видимой, так и в инфракрасной части спектра. Кроме того, на их борту установлено экспериментальное оборудование для определения вертикального распределения температуры и содержания водных паров в воздухе, а также температуры морской поверхности.

В апреле 1979 г. был запущен следующий спутник американской серии «NOAA». На борту спутников этой серии

Страна или организация, запустившая ИСЗ	Название ИСЗ	Местоположение ИСЗ
NASA (США)	«GOES-Запад»	135° з. д.
NASA (США)	«GOES-Восток»	75° з. д.
Европейское космическое агентство	«Meteosat»	0°
NASA по заказу Европейского космического агентства	«GOES-Индийский океан»	57° в. д.
NASA по заказу Японии	«Himawari»*	140° в. д.

* Международный индекс этого спутника — GMS — геостационарный метеоспутник.

Запущенный в ноябре 1977 г. спутник «Meteosat» с января 1979 г. «подключился» к программе и начал сообщать информацию о ветрах в верхней атмосфере. Спутник «GOES-Индийский океан», введенный на орбиту еще в октябре 1975 г., был постепенно к 30 ноября 1978 г. переведен из пункта 135° з. д. в точку 57° в. д. (над Индийским океаном), где затем приступил к выполнению программы Первого глобального метеозэксперимента.

Помимо этого в программе участвуют спутники, находящиеся на полярной орбите. Предполагается использовать две системы таких спутников: уже существующую советскую систему «Метеор» и американскую, в ко-

устанавливается оборудование для вертикального зондирования атмосферы и радиометры с высокой разрешающей способностью, а также приборы для сбора данных с наземных наблюдательных станций, шаров-зондов и метеобуев.

В Первом глобальном эксперименте участвуют около 40 научно-исследовательских судов, принадлежащих 15 странам; в их числе 13 советских и 6 американских судов.

Самолеты, вылетающие с аэродромов, расположенных в Мексике, на о-вах Вознесения (Атлантический океан), Диего-Гарсия (Индийский океан) и Гавайи (Тихий океан), сбрасывают над соответствующими акваториями специальные метеобуи, работающие по единой программе. В начале января 1979 г. с о-ва Кантон (Тихий океан) и о-ва Вознесе-

«New Scientist», 1979, v. 81, № 1138, p. 158 (Великобритания).

¹ О программе ПИГАИ см.: Бреховских Л. М. Исследования Мирного океана. — «Природа», 1976, № 11, с. 4.

² Подробнее об этом спутнике см.: «Природа», 1979, № 6, с. 97.

ния запущены первые из 160 шаров-зондов постоянного уровня, предназначенные для изучения тропической атмосферы. К началу метеопрограммы в водах Южного океана было установлено 125 метеобуев, из которых 106 уже дали полезную информацию. Тем самым в наименее изученных районах Мирового океана — в водах, омывающих Антарктиду, юг Австралии, крайний юг Африки и Южной Америки — впервые установлена широкая наблюдательная сеть. В Первом глобальном метеоэксперименте участвуют также экипажи 80 гражданских самолетов, принадлежащих Скандинавским странам, Голландии, Швейцарии, Таиланду, Великобритании, США и Венесуэле.

Центры сбора всей информации расположены в СССР, США и Японии.

«GARP Newsletter», 1979, № 37, p. 1—12 (Швейцария).

География

Инструментальные картографические измерения в допетровской Руси

В. С. Кусов (географический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова) изучил чертёж Ближних пещер (см. третью страницу обложки) — иллюстрацию к замечательному памятнику отечественной культуры — «Патерику Киево-Печерскому»¹, напечатанному в 1661 г. в типографии Киево-Печерской лавры.

На плане нанесены линейный масштаб с надписью: «мера локтей сей пещеры» и азимутальные ориентиры — «полуношь», «восток», «полудень», «запад». Особое внимание привлекает компасная

роза, подобная диску солнечных часов, которая свидетельствует о метрическом характере чертежа и об измерении углов. Как велись такие измерения и с помощью каких технических средств — пока неясно.

Чертёж Ближних пещер был сопоставлен автором с более поздними картографическими изображениями этих подземелий, созданными с применением измерительной техники, — «Генеральным планом Печерским 1745 г.»² и «Планом Киево-Печерской лавры и при ней обретающихся пещер»³, выполненным в XIX в. На каждом из этих трех документов были опознаны 40 одноименных точек, найдены с помощью автоматического координатографа их прямоугольные координаты X и Y (за ось X взята линия север-юг с компасной розой), а затем подсчитаны коэффициенты корреляции (r) этих координат в следующих сочетаниях:

чертежи	G _x	G _y
XVII—XVIII вв.	0,994	0,988
XVII—XIX вв.	0,969	0,979
XVIII—XIX вв.	0,956	0,979

Высокие значения r подтверждают, что в основе чертежа Ближних пещер 1661 г. лежат результаты инструментальных определений. Следовательно, уже в середине XVII в., а не с начала XVIII в. как считалось ранее⁴, в России были известны технические приемы измерений на местности при составлении точных чертежей-карт.

«Вестник Московского университета. Сер. география», 1978, № 6, с. 43—47.

² ГИМ, отд. картографии, ГО, № 7053.

³ ЦГАДА, ф. 192, Киевская губ., № 19.

⁴ См.: Шибанов Ф. А. Очерки по истории отечественной картографии. Л., 1971.

Археология

Древнейшее захоронение домашней собаки на Крайнем Северо-Востоке

Магаданскими археологами из Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института ДВНЦ АН СССР во время недавних раскопок самой многослойной на Дальнем Востоке (7 культурных слоев) четко стратифицированной стоянки Ушки I на Камчатке были обнаружены остатки захоронения собаки. Они лежали в шестом, позднепалеолитическом слое, абсолютный возраст которого, определенный радиоуглеродным методом, около 11 тыс. лет.

Захоронение было расположено в трехслойном жилище (в полу среднего его уровня), неподалеку от очага, справа при входе. Ряд характерных особенностей этого жилища дали нам основание назвать его условно «жилищем колдуна»: здесь были найдены, по-видимому, охранительный камень (на его магическую роль указывают положение напротив входа в жилище и зеленый цвет — охранительный, в соответствии с принятой в древности символикой), а также обожженная, вероятно для гадания по ее трещинам, бизонья лопатка (известно, что скифы гадали таким же способом по бычьим лопаткам, а чукчи — по оленьим); кроме того, кольцевые очаги верхнего и нижнего уровней жилища состояли каждый из 7 камней, а число 7, как известно, считалось магическим.

Сохранность скелета собаки была весьма неудовлетворительной вследствие ежегодного затопления культурного слоя паводковыми водами. В сущности, это были лишь рыхлые, рассыпающиеся от прикосновения остатки костей, однако очень тщательная записка этих ясно выделяющихся на фоне серовато-желтой супеси относительно более желтых костных остатков, их

¹ Патерик Киево-Печерский. Киев, 1661.



Фотография древнейшего захоронения домашней собаки, найденного в позднелептостеовом слое стоянки Ушки I на Камчатке, и прорисовка следов ее скелета.

последующая фиксация на цветную и черно-белую фотопленки, а также прорисовка составляют достаточную документальную основу для интерпретации особенностей скелета погребенного животного, его

видовой принадлежности и характера захоронения.

По определению Н. К. Верещагина, это домашняя лайководная собака¹. Судя по расположению костей, она была уложена на левом боку в довольно неестественной в момент смерти позе: голова прижата к туловищу, а лапы подведены к голове, между тем как поддыхает собака обычно с лапами, вытянутыми прямо перпендикулярно туловищу. Зафиксированная же на ушковской стоянке поза более характерна для спящей собаки. Почти все кости лежали в анатомическом порядке, кроме сместившихся к грудной клетке тазовых костей. С внешней стороны собачьего хребта в пятне красной охры были обнаружены обсидиановый нож, обработанный по краю с одной стороны, обсидиановый скребок и песчаниковый точильный камень. Пятна красной охры видны были и перед костями грудной клетки, а также на фалангах задней лапы перед мордой собаки.

Таким образом, мы имели дело с ярко выраженным ритуалом, причем поза собаки, ее положение в жилище, пятна охры и сопровождающий инвентарь дают все основания интерпретировать этот ритуал как погребальный.

Открытие останков домашней лайководной собаки на Камчатке в ушковском позднелептостеовом слое вполне согласуется с данными о предположительном приручении собак в позднем палеолите Старого Света — наскальными изображениями собак в Испании, черепами волкоподобных собак на стоянке Мезино на берегу Десны, остатками одомашненных волков в нижнем слое стоянки Афонтова Гора и на стоянке Верхолеская Гора в Южной Сибири, а также

с данными о распространении лаек и шпицеобразных пород в мезолите Северной Европы. Надо сказать, однако, что прежние материалы о домашних собаках в археологических памятниках Европы и Азии (Мезино, Афонтова Гора, Верхолеская Гора и др.) очень скудные, а нередко вообще сомнительные, вот почему до сих пор преобладало мнение, что впервые одомашнивание собак началось 12—10 тыс. лет назад на Ближнем Востоке, в частности у представителей натифийской культуры².

Теперь же, благодаря открытию погребения домашней собаки в хорошо датированном слое стоянки Ушки I, становится бесспорным факт приручения собак в позднем палеолите и на Крайнем Северо-Востоке Азии, у древних охотников, которых мы считаем предками эскимосо-алеутов и в какой-то мере, разумеется, далекими предками ительменов. Это открытие подчеркивает относительно высокий уровень хозяйства и культуры у палеолитических предков коренного населения Севера Дальнего Востока, о чем свидетельствуют также и другие находки из палеолитических слоев камчатских стоянок: наконечники для стрел, ювелирные шлифованные бусинки из камня и иные своеобразные каменные украшения³.

Н. Н. Диков,
член-корреспондент АН СССР
Магадан

² Богданов Е. А. Происхождение домашних животных. М., 1937; Боголюбский С. Н. Происхождение домашних животных. М., 1956; Массон В. М. Средняя Азия и Древний Восток. М. — Л., 1964, с. 118; Davis S. J., Valla F. R. Evidence for domestication of the dog 12 000 years ago in the Natufian of Israel. — «Nature». 1978, v. 276, № 5688.

³ Диков Н. Н. Археологические памятники Камчатки, Чукотки и Верхней Колымы (Азия на стыке с Америкой в древности). М., 1977, с. 50.

¹ Верещагин Н. К. Останки млекопитающих из стоянки Ушки I. — В кн.: Новые археологические памятники Севера Дальнего Востока (по данным Северо-Восточно-Сибирской археологической экспедиции). Магадан, 1979.

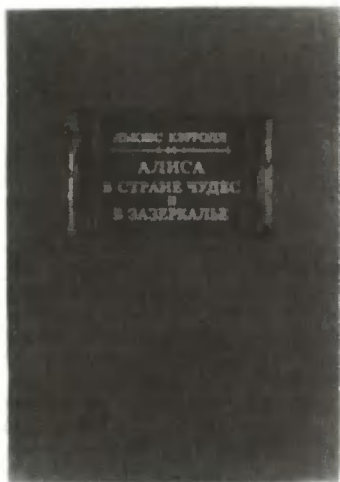


Новая встреча с Алисой

Ю. И. Манин,

доктор физико-математических наук

Москва



Пожалуйста, никогда
меня не хвали.
Я всего лишь доверенное
лицо, не более.
Л. Кэрролл

«Алиса в стране чудес» и «Алиса в Зазеркалье» выпущены издательством «Наука» в серии «Литературные памятники». Н. М. Демурова сделала перевод, написала две статьи и подготовила все издание. Оно снабжено примечаниями переводчицы, комментариями М. Гарднера и дополнениями, которые содержат, в частности, две статьи Г. Честертона, отрывок из книги де Ла Мара, эссе Вирджинии Вулф, работу Ю. А. Данилова и Я. А. Смородинского «Физик читает Кэрролла» и многое другое.

Какой внушительный научный аппарат! Не заковыва-

ет ли он в тяжелые латы Белого Рыцаря милую девочку в стране смешных нелепиц?

«Смех встречает нас на пороге обители мысли и приглашает войти. Не каждый сможет войти. Не каждый захочет войти: куда веселее просто смеяться на пороге»¹.

Войдем же, досточтимый читатель, — как писали в старину. (МБ Тираж издания — 50 000 экз.; многим придется сначала потолкаться у порога.)

Чарлз Лютвидж Доджсон, alias Льюис Кэрролл, автор «Алисы», родился в 1832 г. и умер в 1898. Он был профессиональным специалистом по математической логике (до того, как эта математическая специализация возникла), профессиональным фотографом (до того, как художественная фотография стала профессией) и замечательным писателем. Само собой разумеется, что он был крайне необычным человеком.

А. Сент-Дьердь, биофизик и поэт, заметил однажды: «Мозг есть не орган мышления, а орган выживания, как клыки или когти. Он устроен таким образом, чтобы заставить нас принимать за истину то, что является только выгодой».

Грустный мотив «горе уму» под сурдинку, но непрерывно звучит в мировой литературе как реквием по многим сильным интеллектам, так воспринимавшим себя и сдавшимся под ударами тех, кто когтями и клыками пользовался эффективнее. К Кэрроллу относится не эта часть мысли Сент-Дьердь, а ее продолжение: «И тот, кто логически доводит мысли до конца, совершенно не заботясь о последствиях, должен обладать

исключительной, почти патологической конституцией. Из таких людей выходят мученики, апостолы или ученые, и большинство из них кончает жизнь на костре или на стуле — электрическом или академическом»².

Размеренное благополучие Доджсона на академическом стуле было выстроено и хранимо с тщательностью, вызывавшей многие подозрения. Простое сочувствие подсказывает простые разгадки. Когда Алиса залилась слезами от одиночества, «подумай о чем угодно, — только не плачь!» — умоляла Белая Королева, обращаясь едва ли не к своему создателю.

«Алиса» оказалась очень труднопереводимой книгой. В объяснениях комментатора нуждаются реалии и быт викторианской Англии, полузабытые на родине и вовсе не известные в других странах. Впрочем, переводя Данте, также приходится напоминать подробности распрей между гвельфами и гибеллинами. Методические чудачества героев отражают английский национальный характер и сопротивляются усилиям найти им эмоциональное соответствие в иноязычном тексте. Но столь же трудно воссоздать английского Пушкина или очаровательную строфу из «Конька-Горбунка» (пример Д. М. Урнова):

А Данила и Гаврила,
Что в ногах их мочи было,
По крапиве босиком

Так и дуют прямиком.

Наконец, переводчика «Алисы» изводит языковая игра и знаменитый кэрролловский «нонсенс». Однако именно этот пласт поэтики Кэрролла оказался наиболее общедоступным. Двадцатое столетие, с его

¹Кривин Ф. Юмор сказки и юмор действительности. — «Вопросы литературы», 1978, № 10.

²Цоф Г. Отношение и контекст. — В сб.: Принципы самоорганизации. М., 1967, с. 419.

логическим анализом языка, привычкой к необычным соотношениям между теориями и их интерпретациями, к идеям, которые могут быть верными, лишь если они достаточно безумны, удобривло благодатную почву для семян брошенных Кэрроллом. «Он купил громадную карту, на которой было лишь море и ни клочка земли, и команда очень обрадовалась — такую карту могли читать все». Эта строфа из «Охоты на Снарка» стоит эпиграфом к четвертой главе книги американских физиков Р. Стритера и А. Вайтмана³. Глава называется «Некоторые общие теоремы релятивистской квантовой теории поля». Юмор эпиграфа мгновенно доходит до каждого, безотносительно к национальной принадлежности.

Н. М. Демуровой мы должны быть благодарны не только за прекрасную русскую «Алису», но за создание целостной концепции принципов ее перевода, без которой адекватная передача текста невозможна. Эта концепция объяснена в содержательной и интересной статье. Один из ее центральных моментов — явное указание на необычную «длину контекста» (термин М. Гаспарова), которую следовало учитывать переводчику. Трудность его работы сплошь и рядом обусловлена нелокальностью смысла, который решительно не уместается в границах слова, фразы или даже эпизода.

Кэрролл виртуозно пользуется двумя свойствами языка, которые после Ф. Соссюра мы можем обозначить как «произвольность наименований» и «системность». Первое воплощает свободу, второе — необходимость; мастера узнают по их балансу. Следующие ниже иллюстрации относятся к самым простым случаям.

Несуществующие создания воображения можно называть как угодно, например Jabberwocky или Bread-

and-butterfly. Но слово «bread-and-butterfly» включается в систему английской лексики: «butterfly» — бабочка, «bread — and-butter» — бутерброд; и затем — семантики, английские «бутербродники» должны питаться слабым чаем со сливками, и, конечно, мрут с голоду, не находя такой экстраординарной еды. Русские «баобабочки» Демуровой вынуждены занимать другую экологическую нишу: локальная замена имени влечет сдвиг целого фрагмента текста.

Экспозицией к леденящей душу битве с Бармаглотом (Jabberwocky) служит идиллическая картинка:

'Twas brillig, and the slithy toves
Did gyre and gimble
in the wabe.

К сожалению, если не прибегнуть к помощи конгенитального иллюстратора Теннисла, этот пейзаж при пристальном взгляде начинает колебаться перед глазами: ни одного из слов в его описании, кроме служебных, нельзя найти в словаре, все они выдуманы Кэрроллом. Русская версия Д. Г. Орловской

Варкалось. Хливкие

шорьки

Пырялись по наве
на мой слух звучит чуть более тревожно; но как вообще переводить такие вещи? Шалтай-Болтай снисходительно объясняет Алисе, что «slithy» означает «lithe» и «slimy» — «гибкие» и «склизкие»; «хливкость» — это, кажется, как раз то самое качество.

После того как программа перевода Кэрролла сформулирована, возникает возможность ее разнообразных реализаций. Я не сомневаюсь, что многие читатели будут с наслаждением искать свои русские версии фрагментов этой книги, а со временем появятся ее совершенно новые варианты. Можно заметить, например, что в переводе Jabberwocky использованы не все лингвистические ресурсы. Шалтай-Болтай мог лукавить; сквозь неологизмы Кэрролла просвечивает прагерманский (местами даже прайндоевропейский) корнеслов. Недаром так естественно звучат немецкая и

французская версии Бармаглота, приведенные в примечаниях. По-разному можно решать и задачу соотносительности перевода «Алисы» с русскоязычной литературой. Борис Заходер в своем перекладе «Алисы» для детей, местами очень милым, сдвинул ее в мир волшебной сказки о приключениях «Алиски в Расчудесии». Не нужно забывать, однако, что в одном из вариантов книга называлась «Приключения в Подполье» — с возможностями совсем других коннотаций. Фон для русской Алисы могут создавать не только Маршак и «Винни-Пух», но, скажем, В. Хлебников и Обериуты⁴, Д. Хармс и А. Введенский. Но как бы то ни было, принципы, предложенные Демуровой, сохраняют свое значение для всех последующих работ.

Литература о Стране Чудес и ее создателе — «Алисе и Кэрроллиада» — огромна. У каждого профессионала книга вызывает, кажется, все ассоциации, совместимые с его тезаурусом. Литературовед, психоаналитик, логик, физик, философ немедленно и активно резонирует на материал, предоставляемый текстом этой удивительной фантазии. Ее можно анализировать по З. Фрейду, а можно — по В. Я. Проппу и М. М. Бахтину (во второй статье Демурова со сдержанностью и тактом демонстрирует возможности разных подходов). Кэрролловские штудии с легкостью соотносятся с логико-философской концепцией Л. Витгенштейна, а при желании — со структуралистской мифологией К. Леви-Стросса. Американский антрополог К. Кастаньеда в интересной книге описывает свое ученичество у колдуна Дон Хуана,

⁴ Обериуты — группа ленинградских литераторов, в которую входили Н. Заболоцкий, Д. Хармс, Н. Олейников, А. Введенский и др. Название происходит от сокращения ОБЭРИУ — Объединение реального искусства. Манифест ОБЭРИУ, возмущавший о создании объединения, был выпущен в 1926 г.

³ Стритер Р., Вайтман А. PST, спин и статистика, и все такое. М., 1966.

индейца племени йаки. В одном из эпизодов герой превращается в ворона (в состоянии наркотического опьянения и после долгого психофизического тренинга). Метаморфозы Алисы поразительно сходны с описанием Кастаньеды.

В нашем издании «Алисы» подобраны удачные образцы таких размышлений. Данилову и Смородинскому, в частности, принадлежат тонкие замечания о родстве «безумной логики» Кэрролла с логикой современной физической теории. Я не хочу лишать читателя удовольствия ознакомиться с ними самостоятельно.

Может быть, самое глав-

ное в языковых экспериментах Кэрролла — это настойчивое подчеркивание необходимости отказаться от привычки обычного сознания к тому, что высказывания имеют предустановленный смысл. Кэрролл выявляет фундаментальный акт приписывания им содержания, которое становится переменной величиной. Слова могут временно оставаться без значения, а значения — без адекватных им слов, как улыбка Чeshire Кота. Если логика — это этика языкового поведения ученых, то некоторая зыбкость означаемых — существенная часть его эстетики. Возбуждающая неопределен-

ность значений бывает могучим источником творческой энергии (для физиков я могу упомянуть фейнмановские интегралы и диаграммы).

На следующий день после того, как ко мне впервые попал восхитительный том Кэрролла, на семинаре в ФИАНе был доклад о новой теории сильных взаимодействий. Кварки (я едва не написал «снарки») удерживаются в мешке вакуума, сглаженного глюонным полем, вне которого бушуют инстантоны, рождающиеся и умирающие в мнимом времени.

Кэрроллу это понравилось бы.

НОВЫЕ КНИГИ

Астрономия

И. Левит. ЗА ПРЕДЕЛАМИ ИЗВЕСТНОГО МИРА: ОТ БЕЛЫХ КАРЛИКОВ ДО КВАЗАРОВ. Пер. с англ. Н. И. Шакуры. Под ред. Э. В. Кононовича. М., «Мир», 1978, 176 с., ц. 85 к.

В течение последних десятилетий на горизонте астрономии ярко вспыхнули новые таинственные объекты — белые карлики, черные дыры, пульсары, квазары. Автор данной книги, американский популяризатор науки и астроном, увлеченно рассказывает об исследованиях ученых, чья наука на глазах одного поколения претерпела чрезвычайно быстрое развитие. В книге 10 глав, знакомящих читателя с формами вещества и излучения во Вселенной, проблемами определения астрономических характеристик космических объектов, основными стадиями эволюции звезд, а также с новейшими данными о белых карликах, сверхновых и нейтронных звездах, пульсарах и квазарах. Острота темы, простая манера изложения, яркие иллюстрации делают книгу интересной для широкого читателя.

Астрофизика

КОСМОЛОГИЯ. ТЕОРИИ И НАБЛЮДЕНИЯ. Пер. с англ. А. Г. Полнарева, С. Ф. Шандарина. Под ред. Я. Б. Зельдовича и И. Д. Новикова. М., «Мир», 1978, 466 с., ц. 3 р. 50 к.

Объекты изучения современной космологии в значительной степени открыты недавно — это сверхдалекие галактики, квазары, реликтовое космическое излучение и т. д. Огромную важность для нормального развития космологии приобретают сведения о воедино многочисленных разрозненных наблюдений, сравнение их результатов с теоретическими выводами и прогнозами, а также интерпретация новых наблюдений в русле той или иной теории. В книге представлены доклады Краковского симпозиума астрофизиков в августе 1973 г., посвященного этим задачам. Большое внимание уделено определению ограничений теории и наблюдений, особенно в связи с гравитационным коллапсом и разного рода «горизонтами».

Книга полезна для физиков, астрономов, математиков, а также лиц, интересующихся проблемами космологии и эволюции Вселенной.

Физика

Г. Фраунфельдер, Э. Хенли. СУБ-АТОМНАЯ ФИЗИКА. Пар. с англ. В. А. Белоконы и В. В. Толмачева. Под ред. В. В. Толмачева. М., «Мир», 1979, 736 с., ц. 3 р. 90 к.

Книга видных ученых США Ганса Фраунфельдера из Иллинойского университета и Эрнеста Хенли из Вашингтонского университета посвящена физике явлений, происходящих в масштабах, меньших размеров атома. Таким образом в книге оказались объединенными две тесно соприкасающиеся области науки — физика элементарных частиц и физика атомного ядра.

Цель книги — изложение главных физических идей, лежащих в основе проводимых в настоящее время экспериментальных и теоретических исследований в субатомной физике. Она содержит огромный по объему материал — от описания современных экспериментальных установок до обсуждения различных теоретических моделей ядра. Вместе с тем, многие исключительно трудные для понимания вопросы современной ядерной физики изложены в ней мак-

симально упрощенно и без излишних математических деталей. Каждая глава снабжена задачами и обширным перечнем рекомендуемой литературы, который в основном состоит из работ ученых, занимающихся субатомной физикой.

Важность и актуальность проблем, которые увлекательно и доходчиво обсуждаются в книге, высокая информативность, несомненно, сделают ее достоянием широкого круга читателей, интересующихся современным состоянием физики атомного ядра и элементарных частиц.

Математика

Г. Э. Дьюдени. КЕНТЕРБЕРИЙСКИЕ ГОЛОВОЛОМКИ. Пер. с англ. Ю. Н. Сударева. М., «Мир», 1979, 354 с., ц. 1 р. 10 к.

Блестящий английский математик — самоучка Генри Эрнест Дьюдени (1857—1930) стяжал себе всемирную славу как один из непревзойденных авторов головоломок; ныне он по праву (наряду с С. Лойдом) считается классиком «головоломного жанра». Особенно прославился Г. Э. Дьюдени задачей о разрезании квадрата на четыре части, из которых можно составить правильный треугольник. Г. Э. Дьюдени опубликовал несколько великолепных книг по занимательной математике, но лучшей из них справедливо считается сборник «Кентерберийские головоломки», в который, кроме беллетризованных задач на темы бессмертных «Кентерберийских рассказов» Дж. Чосера, вошло более 150 других логических, арифметических, алгебраических задач и головоломок. В этот сборник включен частично и материал из других книг Г. Э. Дьюдени.

География

ТЕКТОНОСФЕРА ЗЕМЛИ. Отв. ред. В. В. Белоусов. М., «Наука», 1978, 532 с., ц. 6 р. 80 к.

Авторы поставили перед собой цель — изложить в форме, доступной специалистам-смежникам, современное состояние науки о тектоносфере, т. е. земной коре и верхней мантии. В книге три части.

В первой рассматриваются закономерности развития земной коры материков и океанов и связь эндогенного металлогении с глубинными процессами. Во второй части проанализировано современное состояние основных отраслей геофизики в тех ее разделах, которые имеют своей задачей изучение строения и развития земной коры и верхней мантии. В третьей части говорится о составе земной коры и верхней мантии, о вещественном обмене внутри тектоносферы, о происхождении магм и механизме метаморфических процессов.

Геология

Е. В. Артюшков. ГЕОДИНАМИКА. Отв. ред. В. А. Магницкий. М., «Наука», 1979, 328 с., ц. 3 р. 60 к.

Монография представляет собой первую попытку дать детальную характеристику недавно изученной динамики внутриземных процессов. Подробно проанализированы различные данные о деформационных свойствах верхних оболочек Земли, в частности, большое внимание уделено напряжениям в литосферном слое и основным закономерностям изостатического равновесия. Рассмотрены глубинные процессы, создающие течения в мантии, взаимодействие этих течений с литосферой и происхождение вертикальных движений земной коры. Кроме того, в книге изложены методы, с помощью которых производится расчет распределения напряжений в пространстве, а также показана связь этих напряжений с типичными структурами земной коры и мантии.



География

Кензо Танге. АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. Составитель У. Культерман. Пер. с нем. Т. А. Трояновской. М., «Стройиздат», 1978, 252 с., ц. 2 р. 50 к.

К. Танге, имя которого связано с такими общезвестными сооружениями, как Мемориальный центр Мира в Хиросиме и комплекс Олимпийских сооружений в Токио, а также с реконструкцией раз-



Математика

Дж. Форрестер. МИРОВАЯ ДИНАМИКА. Пер. с англ. А. Н. Ворощука, С. А. Пегова под ред. Д. М. Гвишиани, Н. Н. Моисеева. С предисл. Д. М. Гвишиани и послесл. Н. Н. Моисеева. М., «Наука», 1978, 168 с., ц. 1 р. 10 к.

Профессор Массачусетского технологического института Дж. Форрестер построил и исследовал с помощью системной динамики математическую модель развития мира. Он пытался ответить на вопросы, до каких размеров может вырасти мировая система в ограниченной по объему и запасам природных ресурсов среде обитания, как долго может продолжаться этот рост, когда и в каких областях человеческой деятельности начнут проявляться последствия ее роста.

Дж. Форрестер рассматривает процесс глобального развития как взаимодействие процессов демографического роста, промышленного и продовольственного производства, истощения природных ресурсов и загрязнения среды обитания. Выдвинув систему гипотез о виде причинно-следственных связей между переменными, характеризующими эти процессы, автор формирует модель развития мира в целом и определяет ее параметры как с помощью статистики, так и с помощью экспертных оценок.

рушенного землетрясением югославского города Скопле, является не только выдающимся зодчим, но и крупнейшим теоретиком градостроительства, пытающимся осмыслить их с позиций глобальных, в том числе экологических, проблем. Книга — сборник статей, представляющих собой детальные разработки городских реформ, в частности план реорганизации и расширения японской столицы. К. Танге предлагает переводить города с многомиллионным населением на линейные схемы планировки (вместо радиально-кольцевых).

Книга рассчитана на специалистов в области страноведения, географии, архитектуры.



Экология

В. А. Миноранский. ОРОШЕНИЕ И ЖИВОТНЫЙ МИР. Ростов-на-Дону, изд-во Ростовского университета, 1978, 48 с., ц. 20 к.

Орошение является одним из основных агротехнических мероприятий, направленных на повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Уже сейчас орошаемые площади в стране составляют около 14 млн га, а в десятой пятилетке планируется увеличить их еще на 4 млн га.

Данная книга является первой попыткой рассмотреть влияние орошения на животный мир. Об этом свидетельствуют разделы работы: «Орошение и условия среды», «Расселение водных организмов», «Влияние орошения на позвоночных», «Особенности комплексов беспозвоночных на орошаемых землях» и т. д. Обычно считалось, что под влиянием хозяйственной деятельности человека упрощаются структуры биоценозов, сокращается видовой состав организмов. В работе В. А. Миноранского показано, что есть и другая тенденция: обилие пищи, большое разнообразие мест обитания вызывают появление на поливных землях большого количества различных систематических, эколо-

гических и трофических групп животных.

Книга рассчитана на зоологов, энтомологов, специалистов по защите растений и охране природы.

Физиология

Ч. Пэдхем, Дж. Сондерс. ВОСПРИЯТИЕ СВЕТА И ЦВЕТА. Пер. с англ. Р. Л. Бирновой и М. А. Островского. М., «Мир», 1978, 255 с., ц. 1 р. 20 к.

Эта книга об аспектах зрительного восприятия, о том, как мозг расшифровывает информацию, получаемую от глаза.

Глаз — орган сложнейшей структуры и следовательно сложнейших функций. С его помощью человек ощущает, а значит чувственно познает мир. Сегодня проблема зрения привлекает к себе внимание нескольких научных дисциплин — физиологии, психологии, молекулярной биологии, фотобиологии, светотехники, телефототехники и, конечно, офтальмологии. В числе физиологических наук сенсорная физиология, или физиология органов чувств, занимает ведущее место.

Авторы ограничились двумя основными аспектами зрения — восприятием света и цвета. Значительная часть книги посвящена связям между физическим раздражителем и психическим аспектом восприятия (психофизике). В книге собран обширный фактический материал о расстройствах цветового зрения.

Эта книга заполняет существенный пробел в нашей литературе по физиологии зрения. Написанная доступно, на хорошем научном уровне, прекрасно оформленная, она будет интересна всем, кто интересуется вопросами зрения.

Ботаника

В. Н. Вехов, И. А. Губанов, Г. Ф. Лебедева. КУЛЬТУРНЫЕ РАСТЕНИЯ СССР. М., «Мысль», 1978, 336 с., ц. 2 р. 80 к.

Этот справочник-определитель содержит характе-

ристики свыше 350 видов, подвидов и разновидностей растений, которые возделываются в нашей стране. Среди них хлебные злаки, зернобобовые, масличные, овощные, прядильные, ягодные, лекарственные и др. Около 200 растений изображены на цветных таблицах. Даются сведения о морфологии, хозяйственном значении, способах использования, происхождении, распространении и современном состоянии каждой культуры. Описание сопровождается вводным очерком, где рассматриваются общие вопросы систематики растений, классификации и выращивания. Справочник снабжен списком литературы и указателями названий культур на русском и латинском языках. Книга рассчитана на широкий круг читателей.



Ботаника

Д. В. Тер-Аванесян. ЗЕМЛЕДЕЛИЕ ИНДИИ. Л., «Колос», 1978, 247 с., ц. 1 р. 50 к.

Автор многие годы был советником по науке в посольстве СССР в Индии и имел возможность непосредственно ознакомиться с этой страной. Д. В. Тер-Аванесян — исследователь вавилонской школы. Самому Н. И. Вавилову не удалось посетить Индию, которую он считал одним из важнейших центров происхождения возделываемых растений.

В книге приведены сведения о природных условиях, истории индийского земледелия. Перечень культурных растений включает в себя зерновые злаки и крупные культуры, бобовые, масличные, прядильные, кормовые, технические, овощные, некоторые лекарственные и древесные растения. Материал, собранный Тер-Аванесяном, по возвращении его из Индии подвергся тщательному изучению в полевых условиях, в результате чего были получены дополнительные данные о способах выращивания этих культур.

Книга хорошо иллюстрирована, оформлена с большим вкусом и ориентирована на читателя, интересующегося

вопросами истории земледелия, географии культурных растений, состоянием современного растениеводства на Земле.

Этнография

Л. В. Шапошникова. *Мы* — КУРГИ. М., «Мысль», 1978, 283 с., ц. 1 р. 80 к.

Книга написана известным советским индологом на материале личных впечатлений от поездки по Южной Индии. Она продолжает серию книг этого автора о малых народах Индии и посвящена своеобразной этнической группе — кургам.

Курги в отличие от других южных, дравидийских, племен внешностью напоминают европейцев. История их происхождения пока неясна. Но «европеоидность», а также резкое неприятие индуизма (курги — язычники, идолопоклонники) свидетельствуют о том, что их племя — пришлое.

В книге раскрываются основные моменты истории этого народа, который несмотря на чужеземное владычество, сберег свой язык, верования и традиции. В книге приведены старинные легенды, рассказы; ведется о культовых отправлениях — поклонении духам предков, солнцу, деревьям и змеям, почитании дома предков; описываются свадебные обряды и обряды, сопровождающие рождение ребенка, в которых слышны отголоски матриархата.

Автор описывает природу горного района Кург («Индийской Шотландии»), где живет племя, повествует о его современном социальном положении (бескастовом устроении общества), знакомит нас с отдельными представителями племени и их вождем — мудрым деша-таккой.

Книга, написанная с глубоким знанием индусской культуры, истории, местных языков, рассчитана на широкие круги читателей.

Науковедение

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАУКИ. Опыт социалистических стран.

Сборник статей под ред. М. Е. Половицкой и В. Т. Шимко. Предисл. В. Т. Шимко. М., «Прогресс», 1978, 160 с., ц. 60 к.

В сборник, посвященный малоизученной экономико-географической проблеме, вошло 9 статей, написанных учеными трех европейских социалистических стран — ГДР, Польши и Венгрии. В их статьях рассматриваются как вопросы территориальной структуры науки в тех или иных конкретных странах, так и общетеоретические вопросы организации науки. Изучение и учет выявляемых тенденций необходимы и для повышения эффективности регионального экономического планирования, и для повышения эффективности работы самих научно-исследовательских и проектно-конструкторских учреждений. Удачным дополнением к сборнику служит помещенная в конце библиография работ по затронутой проблематике.

Логика науки

Г. Кайберг. *ВЕРОЯТНОСТЬ И ИНДУКТИВНАЯ ЛОГИКА*. Пер. с англ. Б. Л. Лихтенфельда. Послесл. и общая редакция А. И. Ракитова. М., «Прогресс», сер. «Логика и методология науки», 1978, 375 с., ц. 1 р. 50 к.

Главная цель книги — познакомить читателя с современными исследованиями в области вероятности и индукции, широко представленными в специальной литературе по философии, математике и статистике. Издание ее на русском языке ценно тем, что такого рода обобщающей монографии по этой проблематике у нас не издавалось более полувека (Дж. Ст. Милль. Система логики силлогистической и индуктивной. М., 1914).

В первой части книги рассматриваются неформальные подходы к интерпретации понятия вероятности, классическая, субъективная, эпистемологическая и эмпирическая интерпретации, интерпретация вероятности как степени следования. Во второй части представлено соотношение естественного языка и индуктивных выводов, излагаются

проблемы индуктивных заключений в связи с различными интерпретациями вероятности.

Книга рассчитана как на читателей, знакомых с основами логики, теории вероятностей и математической статистики, так и тех, кто обращается к этим проблемам впервые.

Философия

ДИАЛЕКТИЧЕСКОЕ ПРОТИВОРЕЧИЕ. Политиздат, сер. «Над чем работают, о чем спорят философы». М., 1979, 343 с., ц. 50 к.

Это не монография и не сборник статей, а своеобразная беседа за «круглым столом» (так определил ее жанр во вводной статье Б. М. Кедров). Здесь представлены точки зрения десяти участников, пытающихся — путем полемики — выяснить содержание понятия противоречия, которым оперируют философы при разработке и изложении марксистской диалектики. Авторы (Б. М. Кедров, Т. С. Батищев, Ф. Ф. Ваккерев, З. М. Оруджев, А. А. Соколин, Э. В. Ильенков, В. И. Метлов, В. Н. Порус, Б. А. Ласточкин, Э. Н. Глаголева) высказывают мнения по вопросам взаимоотношения диалектического противоречия и формальной антиномии, роли противоречия в генезисе научного знания и в сложившейся теории, становления идеи диалектической противоречивости в философии и современной науке.

Книга состоит из двух разделов: в первом сосредоточены основные выступления, во втором — повторные выступления, критические замечания и ответы на них. При обосновании своих позиций авторы используют материалы из истории естественных и общественных наук.

В КОНЦЕ НОМЕРА

Льюис Кэрролл и его письма к детям

Льюис Кэрролл не любил преувеличений. Девочке, обронившей необдуманное замечание о том, что от купания в морской воде волосы у нее стали «жесткими, как кочерга», он с плохо скрываемым раздражением заметил:

«У маленьких девочек волосы не могут стать «жесткими, как кочерга». Если бы ты сказала, что они стали жесткими, как проволока, то это было бы ближе к истине, хотя по-прежнему оставалось бы преувеличением»¹.

Льюис Кэрролл не любил преувеличений и не упускал случая не только отметить, но и доказать их бессмысленность и нелепость, что называется, прямыми выкладками. Однажды, когда Иза Боумен сообщила ему в письме, что шлет от себя и двух своих сестер «миллионы объятий и поцелуев», Кэрролл ответил:

«Я очень рад, что ты шлешь мне в письме миллионы объятий от себя, Нелли и Эмси. Но прошу тебя, подумай, сколько времени отняло бы такое количество объятий и поцелуев у твоего старого и очень занятого дядюшки! Попробуй обнимать и целовать Эмси в течение одной минуты по часам, и ты убедишься, что делать это быстрее, чем 20 раз в минуту, нельзя. «Миллионы» же означают, по крайней мере, 2 миллиона.

2 000 000 (объятий и поцелуев): 20 = 100 000 минут.

100 000 (минут): 60 = 1 666 (часов).

1 666 (часов): 12 = 138 (дней, считая, что день продолжается 12 часов).

138 (дней): 6 = 23 (недели).

Я не мог бы обнимать и целовать вас больше, чем по 12 часов в сутки и не хотел бы проводить за этим занятием воскресенья. В итоге, как видишь, мне пришлось бы затратить 23 недели тяжелой работы. Нет, милая моя девочка, я просто не в состоянии столь расточительно расходовать время»².

Льюис Кэрролл не любил преувеличений, но шутивное признание, вырвавшееся у него в письме к одной девочке от 30 ноября 1879 г., при всей парадоксальности, несомненно, содержит изрядную долю истины:

«Я очень занят: ведь мне приходится писать целые груды и даже полные тележки

писем. Я так устаю, что ложусь спать ровно через минуту после того, как встану, а иногда даже за минуту до того, как встану! Слышала ли ты, чтобы кто-нибудь так уставал!»³

По свидетельству племянника и биографа писателя С. Д. Коллингауда, регистрационный журнал, который Кэрролл вел с 1 января 1861 г. по 8 января 1898 г., хранит записи о 98 721 полученном и отправленном письме. Лишь малая толика сохранившихся до наших дней образцов эпистолярного искусства Кэрролла опубликована (это весьма прискорбное обстоятельство делает даже скромную подборку писем, предлагаемую вниманию читателей этого номера журнала «Природа», достаточно представительной), главным образом, в книгах Коллингауда, Изы Боумен, Эвелин Хэтч⁴, а также в многочисленных изданиях его сочинений. Любители творчества Кэрролла с понятным нетерпением ожидают 7 июня 1979 г. — дату предполагаемого выхода в свет наиболее полного собрания его писем, подготовленного Р. Л. Гринном в сотрудничестве с издательством Оксфордского университета.

Льюис Кэрролл не любил преувеличений, но с полным основанием можно утверждать, что украшением его эпистолярного наследия, сколь бы фрагментарно или, наоборот, полно оно ни было представлено в существующих или грядущих изданиях, всегда были и будут его письма к детям — блестящие миниатюры, расширяющие, углубляющие и подкрепляющие наши представления о волшебном мире Страны Чудес, вынесенные из чтения знаменитых сказок. Многие из этих маленьких шедевров безвозвратно утеряны. Например, мы никогда не узнаем, о чем и как писал Кэрролл Алисе Лидделл, вдохновившей его на создание «Алисы в Стране Чудес»: все письма к настоящей Алисе были сожжены ее матерью.

Критики и комментаторы Кэрролла редко составляют вниманием его письма к детям, хотя неповторимые особенности крупных произведений Кэрролла (неоднозначность «семантического поля», позволяющая интерпретировать реалии на языке многих современ-

¹ The Story of Lewis Carroll by Isa Bowman. L., 1899, p. 24.

² Льюис Кэрролл. История с узелками. М., 1973, с. 405.

³ Там же, с. 392.

⁴ The Life and Letters of Lewis Carroll by S. D. Collingwood. L., 1899; The Story of Lewis Carroll by Isa Bowman; A Selection from the Letters of Lewis Carroll. L., 1933.

ных наук, парадоксальность суждений и ситуаций, отточенность логической схемы, обостренный интерес к структуре пространства и времени, частое обращение к разнообразным формам инверсии и многое другое) в равной мере присущи и вышедшим из-под его пера произведениям малой формы.

Льюис Кэрролл не любил преувеличений, но, не погрешив против истины, можно сказать, что мир его писем к детям наделен необычайно богатой и разнообразной пространственно-

временной структурой (представляющей интерес не только с позиций литературоведа — как «хронотоп» в смысле М. М. Бахтина, но и с точки зрения представителя естественных наук) и связан тесными узами с миром Страны Чудес, а это позволяет включить письма к детям Льюиса Кэрролла в круг чтения, рекомендуемого научным работникам всех специальностей.

Ю. А. Данилов
Москва

Дети занимают 3/4 моей жизни.

Л. Кэрролл

Моя дорогая Энни! Это, действительно, ужасно! Ты даже представить себе не можешь, сколь велико мое горе. Пришлось мне раскрыть зонтик, чтобы слезы, ручьями текущие из моих глаз, не залили это письмо. Ты пришла вчера фотографироваться? И очень рассердилась? Почему же меня не было? Вот как это случилось. Вчера я и Бибкинс — мой дорогой друг Бибкинс! — отправились на прогулку. Мы вышли из Оксфорда и отшагали много миль — пятьдесят, нет! миль сто, по меньшей мере. Мы шли по полю, на котором паслись овцы, и вдруг в голову мне пришла одна мысль. «Доб-кинс,— спросил я взволнованно,— который теперь час?» — «Три», — ответил Физкинс, несколько удивленный моим тоном. По щекам у меня побежали слезы. «Это тот самый ЧАС!» — закричал я. — Скажи мне, Гопкинс, умоляю тебя, какой сегодня день?» — «Понедельник, конечно», — ответил Лапкинс. — «Это тот самый ДЕНЬ!», — завопил я, стоя и рыдая. Овцы окружили меня и терлись своими теплыми; любящими носами о мой холодный нос. «Мопкинс,— сказал я,— ты самый старый и верный друг! Скажи мне правду. Нап-кинс, умоляю тебя. Какой сейчас год?» — «Гм... по-моему, 1867», — отвечал Нип-кинс. — «Это тот самый ГОД», — закричал я так громко, что Топкинс упал без чувств. Все

было кончено. Домой меня везли в тачке. Осколки моего сердца лежали на дне, а верный Вупкинс шел рядом и держал меня за руку.

Когда я немного поправлюсь от перенесенного удара и поживу несколько месяцев на море, я зайду к тебе и мы договоримся о другом дне для фотографирования. Сейчас я слишком слаб и не могу даже писать сам. Это письмо пишет под мою диктовку Запкинс.

Твой несчастный друг —
Льюис Кэрролл.¹



Милая моя Мэгделен, я хочу объяснить тебе, почему я не зашел вчера. Мне было очень жаль, что я тебя не увидел, но, знаешь, пока я шел к тебе, у меня было столько всяких встреч. Я пытался объяснить всем, кто попадался мне по пути, что я иду к тебе, но они не желали меня слушать; говорили, что спешат,

что было очень невежливо с их стороны. Наконец, мне повстречалась садовая тележка, и я подумал, что уж она-то меня выслушает, но я никак не мог понять, что там в ней находится. Поначалу мне почудились какие-то черты — я взглянул в телескоп и увидел, что это физиогномия; тут я взглянул в микроскоп и увидел, что это лицо! Оно показалось мне чем-то похожим на меня; я принес огромную лупу, чтобы не ошибиться, и, к великому моему удовольствию, увидел, что это я и есть. Мы обменялись рукопожатием и только разговорились, как вдруг я увидел себя самого — подходит к нам и вступает в разговор. Мы очень приятно побеседовали. Я сказал себе: «Помните, как мы все встретились в Сэн-дауне!» И сам ответил: «Было очень весело! Там еще была девочка по имени Мэгделен...» И посмотрел на самого себя, а сам сказал: «Она мне, пожалуй, понравилась; не очень — но все-таки». Тут настало время идти на станцию, и как ты думаешь, кто пришел нас провождать? Ты ни за что не догадешься — придется мне самому сказать. Два старых моих друга, которые и сейчас со мной и просят разрешения подписать это письмо,

Твои любящие друзья
Льюис Кэрролл и Ч. Л. Додж-

¹ Английский текст этого письма опубликован в: The Lewis Carroll Hand-book. Ed. by Williams and Madan. Rev. by R. L. Green. L., 1962; остальные письма даны по: Carroll L. Works. Ed. by R. L. Green. L., 1965.



«Открой рот, закрой глаза». Фотография сестер Лидделл: Лорины, Эдит и Алисы, выполненная Л. Кэрроллом.

сон. 31 марта 1890 г.

Я так тебя понимаю, когда ты пишешь, что всегда робеешь, когда к тебе в гости приходят дети! Меня они порой просто приводят в ужас — особенно мальчишки, с девочками я еще могу иногда примириться, когда их не слишком много. Но они легко становятся

«de trop»². Но с мальчиками я просто не знаю, что делать. Я отправил одному оксфордскому другу «Сильви и Бруно»³, он поблагодарил меня и написал: «Должно быть, мне нужно привезти к Вам сынишку». Я ответил, чтобы он этого не делал или что-то вроде того, а он написал, что глазам своим не поверил, когда прочитал мое письмо. Он думал, что я

всех детей обожаю. Но я не всеяден, как свинья. Я очень разборчив...

Тебе повезло — у тебя есть время на то, чтобы читать Данте, и я готов от души тебе позавидовать: я его никогда не читал; и все же я уверен, что «Divina Commedia»⁴ — одна из величайших книг в мире, хотя я и не уверен в том, что чтение ее действует возвышающе и облагораживает нашу жизнь или что оно доставляет величайшее поэтическое на-

² de trop (фр.) — чересчур.

³ Carroll L. Sylvie and Bruno. — In: Carroll L. Works.

⁴ «Божественная комедия».



Алиса и Червонный Король. Эта и последующие иллюстрации выполнены Л. Кэрроллом к первому рукописному варианту книги, которая называлась «Приключения Алисы под землей».



Плачущая Алиса и Мышь.

слаждение. На этот вопрос ты вскоре сможешь ответить сама; не думаю, что у меня (по крайней мере, в этой жизни) будет возможность ее прочитать; моя жизнь кажется мне раздерганной на мелкие кусочки — так много всего я хочу сделать. С чего начать — решить нелегко. Одну работу, во всяком случае, нужно закончить в этом году, это мне ясно, а она потребует месяцев напряженного труда: это второй том «Сильви и Бруно». Я твердо

it without lobsters, you know. Which shall sing?"
"Oh! you sing!" said the Gryphon,
"I've forgotten the words."

So they began solemnly, dancing round
and round Alice;
every now and
then treading on
her toes when they
came too close,
and waving their
fore-paws to mark
the time, while the
Mock Turtle sang
slowly and sadly
these words:

"Beneath the waters of the sea
Are lobsters thick as thick can be—
They love to dance with you and me,
My own, my gentle Salmon!"

The Gryphon joined in singing the chorus,
which was:

"Salmon come up! Salmon go down!
Salmon come twist your tail around!
Of all the fishes of the sea
There's none so good as Salmon!"

Lewis Carroll's illustration of the Mock Turtle, Alice, and the Gryphon

Черепаха Квази, Алиса и Грифон.
Страница рукописи «Приключения Алисы под землей».

решил, если буду жив и здоров, выпустить ее к следующему Рождеству. Когда дело идет к шестидесяти, было бы легко мысленно рассчитывать, что у тебя впереди годы и годы труда...

К[райст] — Ч[ерч], 31 января.

Мисс Генриетте и мастеру Доджсонам.

Милая моя Генриетта,
милый мой Генри,
я очень признателен вам за прелестный подарок, кото-

рый вы прислали мне ко дню рождения — трость была бы, конечно, не так хороша. Я надел его на цепочку для часов, но ректор все же его заметил.

Мой единственный ученик приступил к занятиям — я должен описать, как они проходят. Как вы знаете, чрезвычайно важно, чтобы наставник держался с достоинством и сохранял дистанцию, а ученик был как можно более унижен.

Иначе, знаете ли, в них не будет должной скромности.

Итак, я сижу в самом дальнем конце комнаты; за дверью (закрытой) сидит слушатель; за дверью на лестницу

(также закрытой) — помощник служителя; на лестнице — помощник помощника служителя; а внизу во дворе сидит ученик.

Вопросы передаются по цепочке криком, ответы тоже, что поначалу несколько сбивает с толку — пока не привыкнешь. Занятие протекает примерно так:

Наставник: Сколько будет трижды два?

Служитель: Где растет разрыв-трава?

Помощник служителя: Кто добудет рукава?

Помощник помощника служителя: Не длинна ли борода?

Ученик (робко): Очень длинная!

Помощник помощника служителя: Мука блинная!

Помощник служителя: Дочь невинная!

Служитель: Чушь старинная!

Наставник (обижен, но не сдается): Раздели сто на двенадцать!

Служитель: Сколько выручил денег купец?

Помощник служителя: Садись на коня, молодец!

Помощник помощника служителя: Рассерди-ка его, наконец!

Ученик (удивлен): Кого же?

Помощник помощника служителя: Негоже!

Помощник служителя: Себе дороже!

Служитель: Ну и рожа! И занятие продолжается.

Такова Жизнь.

Ваш нежно любящий брат,
Чарлз Л. Доджсон



К [райст] — Ч [ерч], 31 января.

Милая моя Винни, впрочем, ты, вероятно, устала читать такое длинное письмо, а потому спешу его закончить и подписываюсь —

Любящий тебя
Ч. Л. Доджсон.

P.S. В том же конверте посылаю тебе «Крокетный замок»⁵

P.P.S. Ты даже представить себе не можешь, как трудно мне было написать «Винни», а не «мисс Стивенс», и «любящий тебя», а не «искренне твой!»

P.P.P.S. Через год или чуть позже надеюсь найти возможность взять тебя еще разок на прогулку. К этому времени Время, боюсь, уже «избороздит морщинами твое сияющее чело»... впрочем, мне все равно! Почтенная спутница делает тебя молодым, и мне будет приятно услышать шопот прохожих: «Скажите, прошу вас, кто этот очень интересный юноша, который ведет эту старую даму с белыми, как снег, волосами так осторожно, будто она его праббушка?

P.P.P.P.S. Времени больше нет ни минутки.

Перевод с английского
Н. М. Демуровой

⁵ Игра, которую придумал сам Кэрролл.

Художник П. Г. АБЕЛИН
Художественные редакторы:
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Корректоры:
Т. М. АФОНИНА, Т. Д. МИРЛИС

Сдано в набор 27.04.79
Подписано к печати 19.06.79
Т-08660
Формат бумаги 70×100 1/16.
Офсет
Усл.-печ. л. 10,4. Уч.-изд. 14,3. л.
Бум. л. 4
Тираж 85 000 экз. Зак. 1086

Чеховский полиграфический комбинат Союзполиграфпрома Государственного комитета СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли.
г. Чехов, Московской области.

Адрес редакции:
117049 Москва, В-49,
Маролевский пер., 26.
Тел. 237-50-30, 237-22-97.

Цена 50 коп.
Индекс 70707

