

ПРИРОДА

8'89



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
Главный редактор
академик
Н. Г. БАСОВ

Кандидат физико-математических наук
А. И. АНТИПОВ

Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТУШКОВ

Член-корреспондент АН СССР
Р. Г. БУТЕНКО

Доктор географических наук
А. А. ВЕЛИЧКО

Академик
В. А. ГОВЫРИН

Заместитель главного редактора
Ю. Н. ЕЛДЫШЕВ

Член-корреспондент АН СССР
Г. А. ЗАВАРЗИН

Академик
В. Т. ИВАНОВ

Доктор физико-математических наук
Н. П. КАЛАШНИКОВ

Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Доктор физико-математических наук
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Кандидат физико-математических наук
А. А. КОМАР

Академик
Н. К. КОЧЕТКОВ

Доктор геолого-минералогических наук
И. Н. КРЫЛОВ

Доктор философских наук
Н. В. МАРКОВ

Ответственный секретарь
В. М. ПОЛЫНИН

Доктор исторических наук
П. И. ПУЧКОВ

Заместитель главного редактора
академик
Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ

Доктор философских наук
Ю. В. САЧКОВ

Заместитель главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Академик АН УССР
А. А. СОЗИНОВ

Академик
В. Е. СОКОЛОВ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

Заместитель главного редактора
член-корреспондент АН СССР
Л. П. ФЕОКТИСТОВ

Академик
В. Е. ХАИН

Доктор физико-математических наук
А. М. ЧЕРЕПАШУК

Доктор физико-математических наук
В. А. ЧУЯНОВ

ПРИРОДА

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
ПОПУЛЯРНЫЙ
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1912 ГОДА



НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Речной бобр в Воронежском заповеднике. См. в номере: Семенов В. А., Лихацкий Ю. П. Новый биосферный заповедник в Центральном Черноземье.

Фото Е. В. Хмелевцева.
НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Следы древнего обвала в районе катастрофического Хаитского землетрясения 1949 г. в Таджикистане. См. в номере: Смирнова Т. Ю., Никонов А. А. Лишайники — хронометр сейсмических катастроф.

Фото А. А. Никонова



— 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.



© Издательство «Наука»
журнал «Природа» 1989

В НОМЕРЕ

3 Матинян С. Г. ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ НАУКА И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

Многочисленные примеры и конкретные экономические расчеты показывают, что фундаментальные исследования не просто выгодны обществу, во многом они — основа национального благосостояния.

10 Кочуров Б. И. НА ПУТИ К СОЗДАНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ СССР

Впервые предпринята попытка комплексной оценки экологической ситуации в стране. На карту положены ареалы природоохраняемых проблем различной остроты и происхождения.

18 Каменский А. А., Сарычева Н. Ю. ПЕПТИДНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Всестороннее изучение тафцина — одного из важных регуляторных пептидов — имеет не только большое теоретическое значение, но и открывает широкие возможности для его практического применения.

24 Несис К. Н. РАЗГАДКА СВЕЧЕНИЯ ИГЛОКОЖИХ

Яркая вспышка света — способ, которым малоподвижное донное животное офиура успешно отпугивает хищников.

26 Мамчур Е. А. НАУЧНОЕ ПОЗНАНИЕ И ЦЕННОСТИ

Какова мера социальной ответственности ученых за негативные последствия развития науки? Не ведет ли ценностная нейтральность науки как познавательного явления к ее дегуманизации? Эти вопросы требуют дальнейшего анализа.

33 Семенов В. А., Лихацкий Ю. П. НОВЫЙ БИОСФЕРНЫЙ ЗАПОВЕДНИК В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ

До недавнего времени Воронежский заповедник был просто резерватом флоры и фауны островных боров лесостепной зоны, сейчас он включен в число биосферных заповедников.

42 Сурдин В. Г., Рудницкий Г. М. ГИГАНТСКИЕ МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОБЛАКА

Открытие сверхмассивных облаков из молекул водорода изменило взгляды астрофизиков на роль диффузного вещества в эволюции Галактики.

51 Смирнова Т. Ю., Никонов А. А. ЛИШАЙНИКИ — ХРОНОМЕТР СЕЙСМИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ

Возраст и следы неизвестных ранее сильных землетрясений в горах Средней Азии были установлены с помощью измерений размеров лишайников, растущих на каменных поверхностях.

59 Федонкин М. А. ЗАГАДКИ ВЕНДСКОЙ ФАУНЫ

Открытие остатков докембрийских бесскелетных животных, обитавших в морях планеты более 600 млн лет назад, не снимает давнего вопроса о предках кембрийской фауны и ставит новые проблемы в области систематики и исторического развития древнейших беспозвоночных.

73 Лаберж С. ЯСНОЕ СНОВИДЕНИЕ

С давних времен известно, что во время сна человек может осознавать, что ему снится сон, и влиять на его содержание. Недавно начавшиеся научные исследования показали, что в этих так называемых ясных сновидениях можно решать творческие задачи и сложные психологические проблемы.

78 Цветков В. И. СИХОТЭ-АЛИНСКИЙ МЕТЕОРИТ

Сихотэ-Алинское метеоритное падение, одно из крупнейших и наиболее полно изученных падений XX в., дает ключ ко многим проблемам метеоритики, включая, может быть, и загадку Тунгусского феномена.

86 Успенская Н. В. ВРЕДИТЕЛЬСТВО... В ДЕЛЕ ИЗУЧЕНИЯ СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ

1937 год нанес Главной астрономической обсерватории АН СССР в Пулковке сильнейший удар и вырвал из ее рядов выдающихся ученых, возвращавших ей былую славу «астрономической столицы мира».

99 Бородаевский Н. И. О ПРОИСХОЖДЕНИИ НЕКОТОРЫХ САМОРОДКОВ ЗОЛОТА

102 Перчук Л. Л. КОРИФЕЙ (Воспоминания о Д. С. Коржинском)

Яркая индивидуальность этого выдающегося ученого оказывала на коллег не меньшее влияние, чем его научные достижения.

109 НОВОСТИ НАУКИ

126 РЕЦЕНЗИИ

CONTENTS

3 Matinyan S. G. FUNDAMENTAL SCIENCE AND TECHNICAL SPIN-OFF

The author relies on many examples and economical calculations to demonstrate that fundamental research not only fetches profit, in many respects it is the corner-stone of national welfare.

10 Kochurov B. I. TOWARDS AN ECOLOGICAL MAP OF THE SOVIET UNION

This is the first attempt to assess the ecological situation in our country and to map the zones of acute ecological problems no matter what their causes are.

18 Kamensky A. A., Sarycheva N. Yu. PEPTIDE REGULATION OF PHYSIOLOGICAL FUNCTIONS

A more detailed study of taphcin [one of the most important regulatory peptides] is of great theoretical and practical significance.

Nesis K. N.

24 AN EXPLANATION OF THE ECHINODERMATA'S PHOSPHORESCENCE

Being a slow-moving resident of the sea-bed the Ophiura uses its phosphorescence to shy away marine predators.

26 Mamchur E. A. SCIENTIFIC COGNITION AND VALUES

The author feels that the degree of the academic community's responsibility for the negative effects of scientific advances and the value-free nature of science as a cognitive activity require more profound probing.

33 Semenov V. A., Likhatsky Yu. P. A NEW BIOSPHERE RESERVE IN THE CENTRAL BLACK-EARTH ZONE

The Voronezh Reserve, which till the recent time was merely intended to preserve the flora and fauna of the pine forests in the forest-steppe belt is now functioning as a biosphere reserve.

42 Surdin V. G., Rudnitsky G. M. GIANT MOLECULAR CLOUDS

The discovery of supra-large clouds composed of hydrogen molecules has changed the ideas on the role of the diffuse matter in the evolution of the Galaxy.

51 Smirnova T. Yu., Nikonov A. A. LICHENS AS TIME-INDICATORS OF SEISMIC CATASTROPHE

The sizes of lichens that cover stones point to the dates and places of the formerly unknown earthquakes in Central Asia.

59 Fedonkin M. A. MYSTERIES OF THE VENDIAN FAUNA

The discovery of Precambrian soft-bodied animals that inhabited the sea more than 600 million years ago does not answer the old question of who were the ancestors of the Cambrian fauna. It has, in fact, produced some new questions related to the systematics and the history of evolution of the earliest invertebrates.

73 LaBerge S. LUCID DREAMING

It is a well-known fact that man in his sleep is able to realize that he is dreaming and change the content of his dreams. Recent research has demonstrated that the so-called Lucid dreaming sometimes permit man to solve creative tasks and complicated problems.

78 Tsvetkov V. I. THE SIKHOTE-LIN METEORITE

The Sikhote-Lin meteorite fall — one of the largest and wellstudied events of its kind in the 20th century — has provided the key to many enigmas in this field, including probably the Tunguska phenomenon.

86 Uspenskaya N. V. SUBVERSIVE ACTS... IN SOLAR ECLIPSES STUDIES

In 1937 the most prominent figures at the Chief Astronomical Observatory of the USSR Academy of Sciences at Pulkovo were arrested. This was a heavy blow at the astronomical research there.

99 Borodayevsky N. I. ON THE ORIGINS OF SOME OF THE GOLD NUGGETS

102 Perchuk L. L. THE CORYPHAES (Reminiscence about D. S. Korzhinsky)

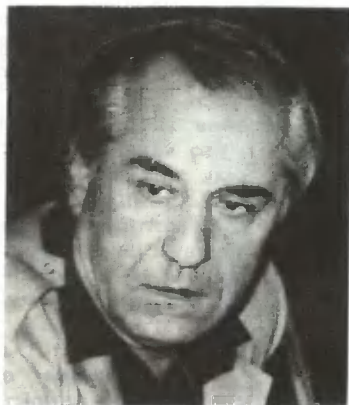
His personality affected those who worked with him no less than his outstanding discoveries.

109 SCIENCE NEWS

126 BOOK REVIEWS

С.Г. Матинян

фундаментальная наука и научно-технический прогресс



Сергей Гайкович Матинян, член-корреспондент АН АрмССР, заместитель директора Ереванского физического института. Область научных интересов — теория элементарных частиц и ядерная физика. Занимается также вопросами сверхтекучести и астрофизики.

ОСНОВОЙ нашего развития на современном этапе, с точки зрения экономики, является эффективное включение страны в научно-технический прогресс. Причем считалось и считается, что главной движущей силой этого процесса должно стать опережающее, приоритетное развитие фундаментальных наук — математики, астрономии, физики, биологии.

Это, можно сказать, стало азбучной истиной. Однако при конкретном воплощении этого принципа в жизнь сплошь и рядом — часто на довольно высоком уровне — приходится сталкиваться с непониманием или недопониманием. Так много говорят о связи науки с производством, что начинают их не связывать, а смешивать. В какой-то мере это, по-видимому, обусловлено совершенно правильным тезисом о превращении науки в производительную силу, однако узкий практицизм зачастую сводит этот тезис к преодолению с помощью науки различных трудностей в народном хозяйстве. Безусловно, наука должна играть в этом первостепенную роль, отвечая на запросы практики, но не это все же главное, определяющее для фундаментальной науки. Изучая наиболее общие закономерности окружающего нас материального мира, она ищет и создает принципиально новые направления в развитии материальной и духовной культуры общества, в конечном счете меняя уклад нашей жизни.

Современная фундаментальная наука очень дорого стоит. Например, строительство ускорителя нового поколения или детектирующей установки (я буду брать в основном примеры из близкой мне области физики высоких энергий) оценивается в сотни миллионов или даже в миллиарды рублей (не будем забывать, однако, что это все же дешевле, чем атомная подводная лодка!). Крупных материальных затрат требуют уже астрономия, астрофизика, биология.

Не случайно поэтому время от времени с особенной остротой встает вопрос: почему общество должно поддерживать фундаментальные исследования, кото-

рые не обещают сразу, сегодня дать конкретные эффективные результаты? Надеюсь, что все изложенное в дальнейшем покажет неадекватность и даже неправомерность такого подхода к фундаментальной науке.

Несомненно, очень многие понимают неоценимый вклад фундаментальной науки, связанный с заложенным в человеке стремлением создать гармоничную картину мира, выявить и познать единые законы природы, справедливые везде и всюду во Вселенной. Представление о единстве науки способствовало и способствует утверждению убежденности в единстве человечества. Это играет не последнюю роль именно сегодня, когда новое мышление завоевывает все больше сторонников во всем мире, утверждая приоритет общечеловеческих ценностей над узкоклассовыми и государственными.

Уровень фундаментальной науки определяет, формирует и поддерживает общий интеллектуальный климат всего общества и, конечно, самих ученых (в частности, и тех, которые занимаются прикладными исследованиями). Фундаментальная наука — один из важнейших факторов удовлетворения духовных потребностей человека. «Время религии и политики прошло, настало время науки и одухотворенности», — говорил Дж. Неру.

В то же время не менее важна другая сторона фундаментальной науки, обращенная в технику и технологию. И здесь эффективность ее очень высока, гораздо выше, чем любого конкретного прикладного исследования. Нет ничего практичнее, чем правильная теория — этот тезис Л. Больцмана, прозвучавший с трибуны партийного съезда, не просто красивые слова. Он подтверждается всей логикой развития науки и ее диалектической взаимосвязью с практикой.

Невозможно представить себе сколько-нибудь удовлетворительные уровни и темпы прикладных, технологических исследований, которым не предшествовали бы соответствующее вложение средств, развитие и уровень фундаментальных исследований.

Теоретические исследования Дж. Максвелла и гениальные опыты М. Фарадея привели к созданию теории электромагнетизма — во многом основы благосостояния человечества в XX в. Открытие электромагнитных волн привело к идее радиосвязи, деления ядер — к использованию атомной энергии. Одно из главных достижений нашего времени — транзистор — было результатом фундаментального исследования структуры электронных зон полупровод-

ников. Оно пришло из работ, нацеленных на изучение фундаментальных физических явлений, а не из методов проб и ошибок при создании полезного прибора, считает один из пионеров этих исследований В. Браттен.

Характерно, что творцы этих блестящих открытий в большинстве случаев не думали об их использовании. На вопрос о практическом значении электромагнитной индукции Фарадей отвечал вопросом: «Можете ли вы, глядя на новорожденного младенца, сказать, чего он достигнет в своей жизни?» Э. Резерфорд всего лишь за 5 лет до открытия деления ядер говорил: «Каждый, кто ожидает, что явление превращения атомов может дать новый источник энергии, занимается вздорными фантазиями». А. Эйнштейн, идеи которого о вынужденном излучении лежат в основе действия лазеров, и не подозревал о возможности их создания. Таких примеров можно привести достаточно много.

Если же говорить о практической пользе, которую следует ожидать от физики высоких энергий (физики элементарных частиц), то в перспективе один из ее выходов — изобретение нового, более эффективного способа производства энергии. При делении ядер — основы атомной энергетики — выделяется (на единицу массы топлива) в 4 млн раз больше энергии, чем при горении. Однако это всего лишь 1/500 часть той энергии, которую можно в принципе «выжать» из вещества. Теперь мы знаем, что есть процессы, в которых всю массу покоя можно высвободить в виде энергии, правда, до их применения на практике дистанция огромного размера.

Конечно, сегодня рано говорить об использовании кваркового уровня строения материи для получения энергии. Человеческое воображение, как отмечалось выше, безнадежно неадекватно в оценке практической ценности сегодняшних открытий для завтрашнего дня. Однако несомненно, что все более глубокое понимание строения материи не только существенно расширяет наши знания об окружающем мире, но и умножает наши возможности использования их на благо человечества.

Возможные прямые выгоды от исследований, проводимых в последнюю четверть века в физике высоких энергий, не исчерпываются производством энергии. Приведем другие, менее традиционные приме-

Самый большой в мире сверхпроводящий магнит (длина 7,4 м, диаметр 6,2 м, вес 84 т), созданный в Лаборатории им. Э. Резерфорда для эксперимента «Делфи», планируемого на строящемся в ЦЕРНе электрон-позитронном коллайдере LEP.



Нейтринные пучки от мощных (с энергией свыше 100 ГэВ) ускорителей можно использовать в сочетании с ЭВМ для восстановления изображения любой достаточно глубокой полости нашей планеты (нейтринная томография Земли), что создаст неоценимые возможности в поиске нефти, руды и других полезных ископаемых.

Не столь глубоко проникают в Землю мюоны, получаемые на ускорителях в достаточном количестве. Но и они могут служить как в целях разведки полостей в земных породах¹, так и для осуществления связи на расстояниях в сотни километров. Опыты, проведенные в Национальной ускорительной лаборатории им. Э. Ферми (США), дали положительные и обнадеживающие результаты.

Мюонное зондирование используется для получения уникальной информации о магнитных полях в веществе, свойствах ближайших атомов и молекул и, что особенно важно, для изучения короткоживущих объектов и их динамики. Этот метод дал в последнее время существенные сведения о структуре и свойствах новых высокотемпературных сверхпроводников.

Известна роль мюонов и как катализаторов ядерных реакций синтеза. Будучи в 200 раз тяжелее электрона, эти частицы

способны настолько сблизить ядра изотопов водорода, что произойдет их слияние — реакция, на которую человечество возлагает столько надежд в решении энергетической проблемы².

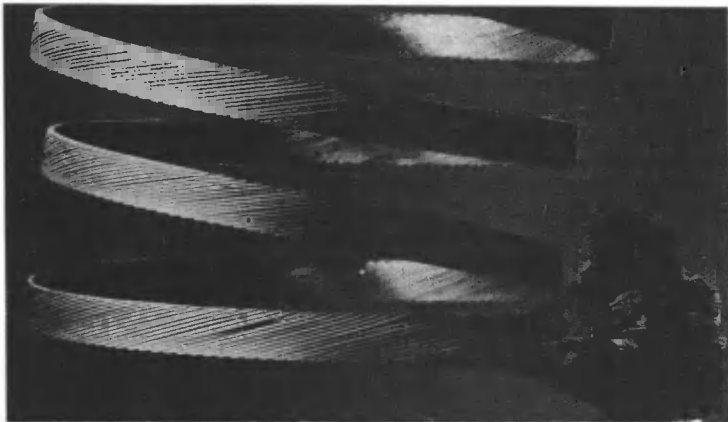
Этим не ограничивается прикладное значение ускорителей элементарных частиц: они служат для проверки качества металла, производства уникальных изотопов для медицины, стерилизации пищи и дезинфекции сточных вод, терапии опухолей. С помощью ускорителей тяжелых ионов можно проводить имплантацию ионов в полупроводниковые материалы для производства интегральных схем высокого качества.

Синхротронное излучение от кольцевых электронных ускорителей и специальных накопителей позволяет увеличить в тысячи раз плотность монтажа электрических цепей в микросхемах. Уникальны возможности этого излучения (являющегося, скорее, помехой в физике высоких энергий) в медицине, в частности для контроля за состоянием кровеносной системы. Сегодня в мире действуют около 30 центров синхротронного излучения, нацеленных на электронику, химию, биологию, медицину, технику. А вообще всего лишь 1 % существующих в мире ускорителей непосредственно работает на физику частиц — остальные используются в медицинских и иных коммерческих целях,

¹ Бондаренко В. М., Жданов Г. Б. Космические лучи на службе геологии // Природа. 1980. № 8. С. 20—28.

² Пономарев Л. И. Мюонный катализ ядерных реакций синтеза // Природа. 1979. № 9. С. 8—20.

Сверхпроводящий кабель, разработанный в Лаборатории им. Э. Резерфорда для серийного производства в промышленности.



удовлетворяя потребности рынка объемом в десятки миллиардов долларов³.

Огромен непосредственный вклад физики ускорителей в современную технику и технологию. Потребности ускорителей высоких энергий как ни одна другая область развили технику получения сверхвысокого вакуума (в вакуумных камерах современного ускорителя на протяжении многих километров обеспечивается разрежение 10^{-11} атм., а в месте встречи пучков — до 10^{-13} атм.), привели к мощному развитию техники получения радиосигналов большой мощности, радиационного материаловедения и др.

Большое влияние на современную технику оказывает и разрабатываемая в физике высоких энергий детектирующая аппаратура. Искровые, пропорциональные, дрейфовые камеры — этот арсенал физики высоких энергий все шире используется не только в экспериментах из других областей науки (биологии, астрофизики и т. п.), но и в медицинской технике. Кристаллы мода натрия, применяемые как детекторы γ -лучей, вышли на мировой рынок и используемые в целом ряде технических приложений сбываются на сумму в сотни миллионов долларов.

Чрезвычайно большую, можно сказать определяющую, роль сыграли экспериментальные методы физики элементарных частиц в создании стандартов электроники и развитии компьютерной техники. Невообразимое количество информации, идущей от ускорителей в условиях большого фона от нежелательных (и неинтересных) процессов, стимулировало и продолжает стимулировать развитие новых методов обработки данных

и новых принципов архитектуры ЭВМ, для которых обработка информации со скоростью миллиард операций в секунду — обычное дело. В осуществлении работы ЭВМ «в линию» с экспериментальной установкой физике высоких энергий принадлежит безусловный приоритет. Это касается и разработки методов системного обеспечения универсальных комплексов программ, создания национальных (и международных) сетей ЭВМ.

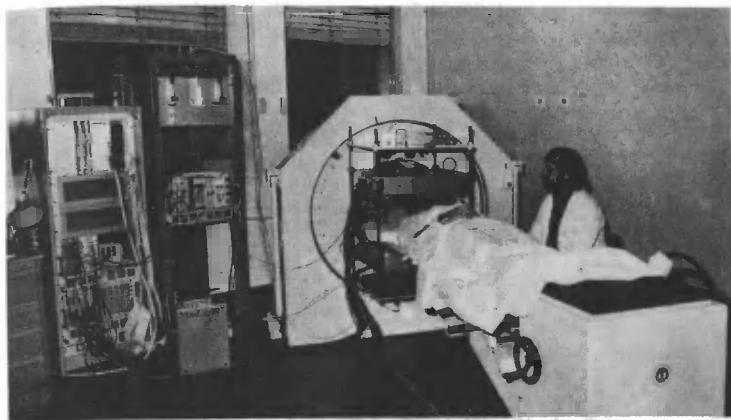
Потребности физиков, связанных с проведением экспериментов на ускорителях, привели к возникновению небольших, но передовых компаний, создавших новые типы компьютеров.

Нельзя не сказать и о том, что ускорители являются одним из главных «потребителей» сверхпроводящих магнитов. Общая их длина в самом мощном в мире ускорителе «Tevatron» (Национальная ускорительная лаборатория им. Э. Ферми) превышает 6 км. Это лишь одна из ярких иллюстраций того уровня развития технологии стабильных сверхпроводящих материалов и устройств на их основе, к которому привело усовершенствование ускорительной техники. В свою очередь, создание мощных сверхпроводящих магнитов дало толчок применению ядерного магнитного резонанса в медицине (ЯМР-томография)⁴.

Наконец, одним из немаловажных выходов фундаментальной науки можно считать результаты теоретических исследований. Методы, созданные и используемые в теории элементарных частиц (квантовой теории поля), применяются сегодня для изучения физических и химических свойств полимеров и полипептидных цепей, распространения океанских волн, просачивания неф-

³ Schopper H. What particle physics gives to technology // CERN Courier. 1988. Vol. 28. No 9. P. 1—9.

⁴ Федин Э. И. ЯМР-интроскопия — новый метод изучения структуры биологических объектов // Природа. 1980. No 4. С. 77—82.



Позитронная камера, разработанная в ЦЕРНе для томографических исследований человеческого организма. Установлена в крупнейшей больнице Женевы.

ти в земной коре. Они оказали плодотворное влияние на развитие физики твердого тела, во многом определяющей современный научно-технический прогресс.

Как мы видим, список практических приложений физики высоких энергий как фундаментальной науки весьма внушителен. Спрашивается, можно ли в какой-то мере оценить экономический эффект от исследований в этой области? Такие конкретные экономические расчеты, позволяющие представить себе эффективность связи фундаментальных исследований с промышленными фирмами, проводятся в последние годы в Европейской организации ядерных исследований (ЦЕРН), объединяющей физиков Западной Европы. (К сожалению, подобным экономическим исследованиям в нашей стране не уделяется должного внимания.)

ЦЕРН взаимодействует более чем с 500 промышленными фирмами, создавшими там свои филиалы, которые пристально изучают потребности физики высоких энергий, удовлетворяют их заказы, а затем развивают у себя перспективные направления, нацеленные на внедрение технических и технологических новинок. Дважды в год представители фирм собираются на совещания и совместно с физиками обсуждают текущие задачи и намечают тенденции развития. Такие контакты выгодны прежде всего фирмам (см. табл.)⁵.

В целом с 1973 по 1987 г. связь фирм с ЦЕРНом принесла им доход около 5 млрд швейц. фр. (по курсу 1982 г.), тогда как вложение составило примерно 1,5 млрд. Таким образом, «выигрыш» фирм от контактов с фундаментальной наукой в среднем равен

3. Никакая другая наука в целом не дает такой прибыли! В этой связи уместно привести слова одного из советников президента США: «Фундаментальная наука — основа нашего национального благополучия».

Подчеркнем, что приведенные данные с определенностью говорят о том, что если для фундаментальной науки выгодна связь с производством, то еще выгоднее она производству. Недаром представители фирм очень активны в установлении контактов с ЦЕРНом.

В 1985 г. здесь был создан комитет по связи с индустрией. В последнее время Европейское экономическое сообщество имеет своего представителя в ЦЕРНе и финансирует ряд работ по прикладной физике. В этом отношении пример ЦЕРНа не уникален. Тесные взаимовыгодные контакты с фирмами характерны для большинства крупных национальных научных центров США, Великобритании, занятых фундаментальными исследованиями в области физики высоких энергий.

Удовлетворение внутренних потребностей ЦЕРНа способствовало созданию новых технологий и дало толчок промышленному производству новых материалов. Оперативная группа Британского объединенного совета по внешней торговле в ЦЕРНе приводит в своем отчете ряд примеров таких материалов⁶:

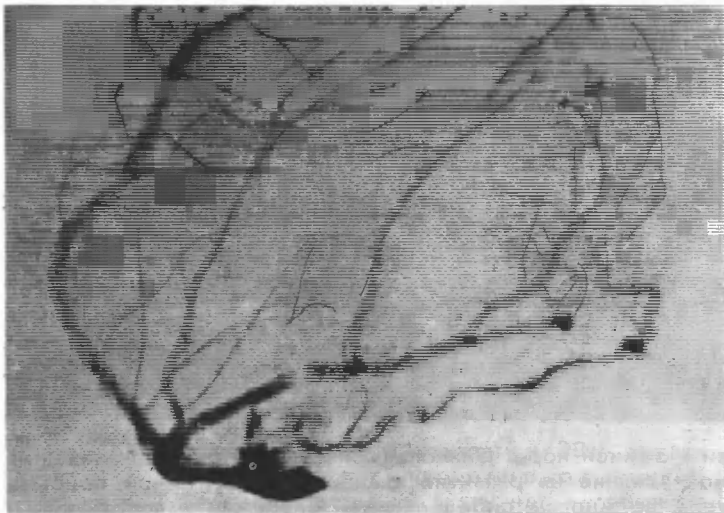
— легкие особо прочные конструкции с применением эпоксидной смолы, армированной стеклом, и новых пластиков (каптон, майлар, кевлар);

— эпоксидные смолы для электрических изоляторов, заменяющих керамику;

⁵ Economic Utility Resulting from CERN Contracts. A study by M. Bianchi-Streit et al. CERN Publications. Geneva, 1985.

Dowell J. Particle physics and technological spin-off // CERN Courier. 1985. Vol. 25. No 3. P. 91—96.

Ангиограмма сосудов головного мозга, полученная с использованием синхротронного излучения.



— проводящие пластики с точно заданными характеристиками;

— многожильные сверхпроводящие провода, плоские кабели, используемые для изготовления сверхпроводящих и обычных трансформаторных обмоток;

— материалы для высококачественной электрической изоляции при низких температурах.

Отвлечемся теперь от физики высоких энергий и приведем еще один пример, демонстрирующий готовность фундаментальной науки откликаться на насущные проблемы современного общества. Речь пойдет о разработке учеными СССР и США прогноза глобальных последствий ядерной войны, так называемой «ядерной зимы». Не вдаваясь в детали постановки задачи и ее решения⁷, отметим, что она потребовала знания и использования многих областей фундаментальной науки, иногда, казалось бы, далеких от этой задачи. Имеется в виду, например, роль, которую сыграло в раскрытии механизма глобальных последствий ядерной войны весьма далекое, на первый взгляд, от практических задач земной метеорологии изучение пыльных бурь в атмосфере Марса советскими климатологами. Именно при исследовании этих бурь впервые было обращено внимание на то, как поднятая ветром пыль меняет режим нагрева атмосферы, что ведет к изменению режима ветров, а затем и к буре, охватывающей всю планету и приводящей к резкому охла-

ждению поверхности Марса. Здесь, кроме того, пришлось и еще придется использовать такие достижения фундаментальных исследований, как глубокое понимание динамического хаоса и синергетика.

В целом вся эта деятельность служит яркой иллюстрацией очень важной способности фундаментальной науки успешно развивать направления, которые неизбежно упираются в междисциплинарные проблемы и требуют синтезирующих исследований.

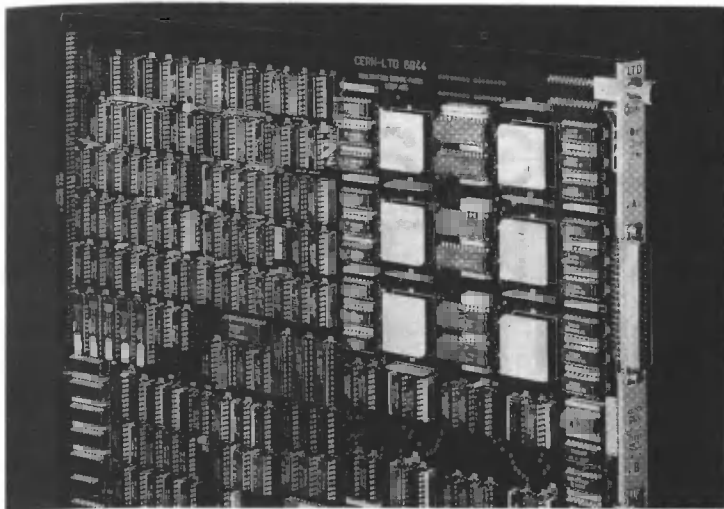
Наконец, остановимся на чрезвычайно важной роли фундаментальной науки в воспитании творчески мыслящих научных кадров, способных в кратчайшие сроки и наиболее эффективно решать задачи прикладных, а не только фундаментальных наук.

Опыт показывает, что ученые, активно и плодотворно занимающиеся фундаментальной наукой, успешно решают возникающие перед ними прикладные задачи, принося сюда методы и стиль, характерные

Экономический эффект от связи ЦЕРН с фирмами

Отрасль	Число фирм, сотрудничающих с ЦЕРНом	Экономический эффект (отношение доходов к расходам)
Электроника, компьютеры	189	4,2
Электротехническое оборудование	130	2,2
Техника высокого вакуума и криогеника	34	2,6
Металлоконструкции	65	2,4
Точная механика	101	1,4

⁷ Голицын Г. С. Последствия ядерной войны для атмосферы // Природа. 1985. № 6. С. 22—29; Стенчик Г. Л. Математическое моделирование климата // Там же. С. 39—50.



Разработанный в ЦЕРНе времяпрелетный модуль, основанный на современных логических электронных схемах. Предназначен для экспериментов на ускорителе LEP.

для фундаментальных исследований: высокую квалификацию и широту подхода, научную смелость, свободу от догматизма и косности.

Долгое время при подготовке научных кадров для работы в прикладных областях науки и в технике считалось, что чем уже специалист, тем лучше для народного хозяйства и для самого специалиста. Этот путь входит сегодня в противоречие с требованием ускорения научно-технического прогресса.

При нынешних темпах развития науки и технологии любая узкая научно-техническая специализация устаревает за время, соизмеримое со сроком обучения специалиста. Самое слабое звено в цепочке от фундаментальной науки к производству, на наш взгляд, технология. И если даже все остальные звенья этой цепи совершенны (что, вообще говоря, тоже является идеализацией), то слабость технологии станет определяющим фактором и сведет на нет деятельность остальных звеньев в задаче ускорения научно-технического прогресса.

Поэтому воспитание творчески мыслящих технологов (и инженеров!) высшей квалификации, способных усвоить, освоить и использовать мировой опыт развития техники, овладеть арсеналом современной науки, приобретает решающее значение. Истинная цель высшего образования — это расширение культуры, получение студентом навыков самостоятельной работы, умение привлекать для решения задач опыт любой сферы человеческой деятельности.

Нельзя предавать забвению то, что наука не только производительная сила, но и неотъемлемая часть культуры, соответ-

ствующая духовной потребности гармонии, присущей человеку. Тяга к ремесленничеству съедает эту духовную сторону науки, отчего ее производительная сторона не выигрывает, а, скорее, проигрывает.

Партия провозгласила примат фундаментальных наук в деле ускорения научно-технического прогресса, и надо, чтобы этот тезис вошел в плоть и кровь и ученых, и тех, кто планирует и финансирует науку. Надо прекратить оценивать деятельность ученых бюрократическими методами, формально и недальновидно. Решающее слово здесь должно принадлежать научной общественности.

Обычно стремятся повернуть науку лицом к производству. Но этого явно недостаточно. Должно быть и обратное движение — от производства к науке. Приведенный пример из опыта ЦЕРНа тому доказательство (и это — не единственный пример такого рода). Необходимы новые формы связи научно-производственных объединений с институтами фундаментального, а не только прикладного профиля. Причем инициатива здесь в большей мере должна принадлежать именно производству. Почему, например, НПО не иметь своих представителей в институтах, где бы они были в курсе новых перспективных разработок и учитывали конкретные потребности прикладных работ. Такая форма связи науки с производством (и наоборот) будет способствовать (используя формулировку новой редакции Программы КПСС) «быстрейшей материализации научных идей в народном хозяйстве и других областях человеческой деятельности».

Б.И. Кочуров

На пути к созданию экологической карты СССР



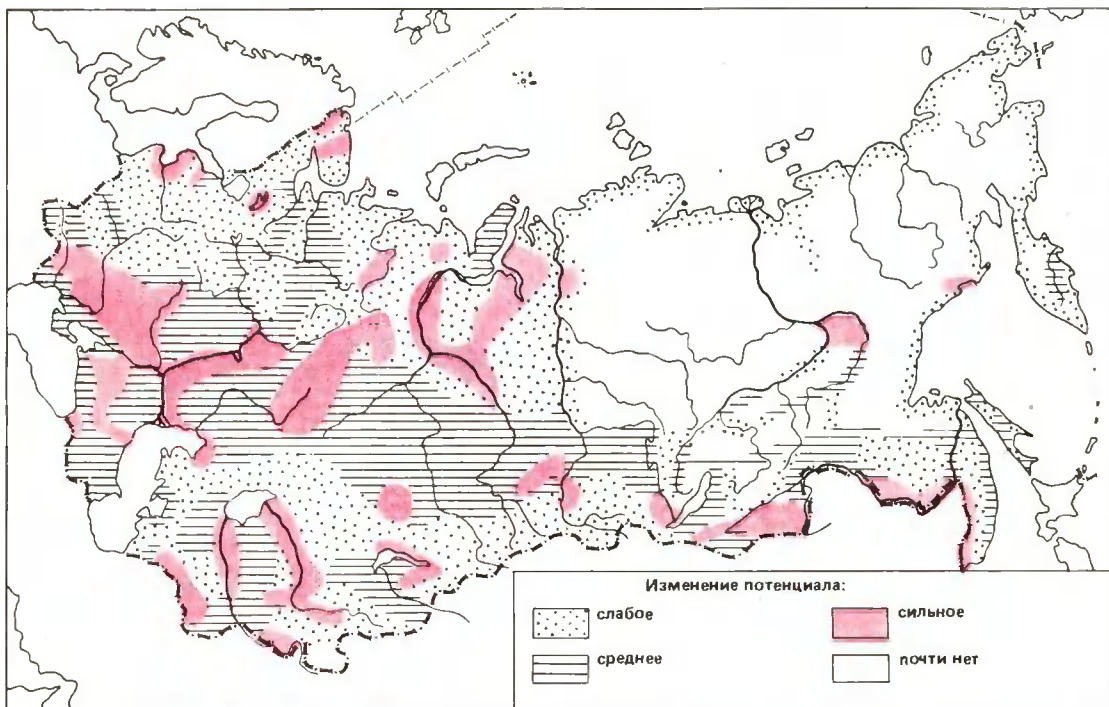
Борис Иванович Кочуров, кандидат географических наук, старший научный сотрудник Института географии АН СССР. Занимается проблемами почвоведения и геохимии ландшафтов, охраны и рационального использования природных ресурсов, географическим прогнозированием.

ЗА ПОСЛЕДНИЕ годы в нашем институте сделана серия карт, обобщивших первые результаты исследований по географическому прогнозированию природоохранных проблем¹. В этой работе принимала участие большая группа специалистов.

В наши дни преодоления экологической безграмотности нет, видимо, необходимости подробно объяснять, что проблемы охраны природы (а скорее, ее восстановления) возникают там, где из-за неразумного хозяйствования произошли негативные изменения не только в ней самой, но и в жизни людей. Реже такие проблемы создает сама природа — землетрясениями, наводнениями и прочими катастрофами, но и в таких случаях положение усугубляет все та же бесхозяйственность — вспомним лишь застройку без учета сейсмической опасности и сведение лесов в районах частых наводнений.

Нынешние природоохранные проблемы имеют разное происхождение и различную степень остроты и, будучи положенными на карту, создают на ней большие и мелкие пятна — ареалы. На наших глазах из-за все еще продолжающегося экстенсивного подхода к использованию природных ресурсов и «остаточного» принципа выделения средств на охрану природы появляются все новые ареалы природоохранных проблем и усиливается их острота. Речь идет уже о настоящих экологических катастрофах (например, в Приаралье). Чтобы остановить расползание ареалов, нужно хорошо знать их характер и границы, определить основные направления, виды и объемы

¹ Географическое прогнозирование природоохранных проблем. М., 1988; Преображенский В. С., Коронкевич Н. И. // Известия АН СССР. Сер. геогр. 1987. № 1. С. 5—13.



Изменение почвенно-геохимического потенциала ландшафтов СССР в результате антропогенных воздействий.

срочных и перспективных природоохранных мероприятий, и, наконец, выделить необходимые средства для них.

Даже тот, кто не связан с географией, видимо, представляет себе, что создание любой карты — дело кропотливое. Чтобы проследить всю цепочку причин возникновения природоохранных проблем и их будущего, нужно огромное количество данных о состоянии окружающей среды и тенденциях их изменения. Но таких материалов по разным причинам в нашей стране совершенно недостаточно. Геоинформационный банк СССР остается лишь мечтой. Держатели необходимой, но пока разрозненной информации — ведомства: о состоянии атмосферы, воздуха и воды — Госкомгидромет, почв и земель — Госагропром (ныне, правда, расформированный), леса — Госкомлес, животного мира — Главохота и Минрыбхоз. Получить необходимые сведения нелегко и сегодня — во времена гласности и перестройки — часто якобы из-за их отсутствия или секретности. Но гораздо хуже дело обстояло несколько лет назад, когда наша работа

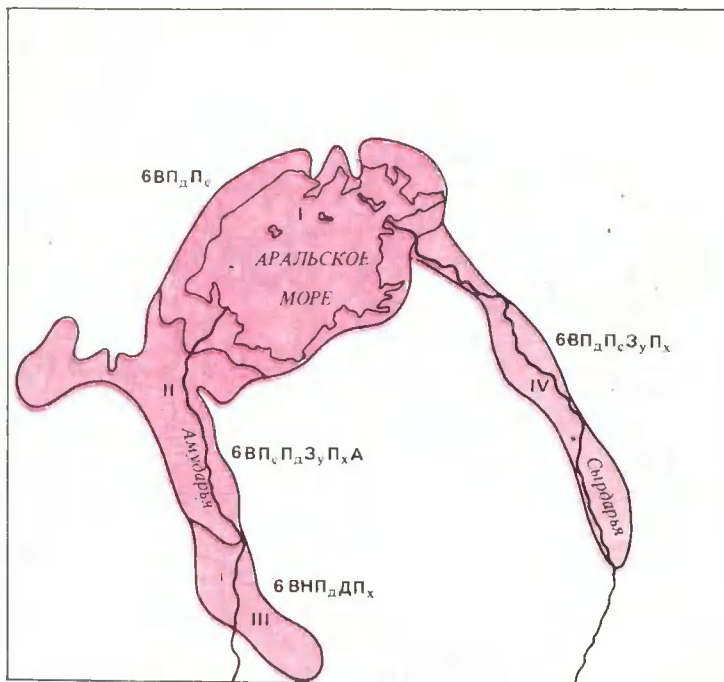
только начиналась. Поэтому пришлось создавать свой банк из опубликованных данных, содержащихся в монографиях, научных статьях, сборниках, даже газетах (в 80-е годы данные, например, о выбросах веществ в атмосферу и суммах ущерба народному хозяйству сюда попадали чаще, чем в научную печать). При составлении карт использовались также уже опубликованные ранее разнообразные картографические материалы. В основу же выделения ареалов природоохранных проблем (или экологических ситуаций) был положен комплексный географический подход, заключающийся в оценке потенциала ландшафтов, их устойчивости и анализе различных видов использования территории.

ЛАНДШАФТЫ И ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

Поскольку наиболее полное представление о ландшафтах на территории нашей страны дает ландшафтная карта масштаба 1:4 000 000, созданная в 1985 г. ленинградскими географами под руководством А. Г. Исаченко, именно ее мы использовали в качестве картографической основы.

Первым этапом работы стала оценка изменения природных потенциалов по зонам и крупным провинциям, выделенным на этой карте, за 20-летний период — с нача-

Арал и Приаралье. Фрагмент карты острых экологических ситуаций масштаба 1:8 000 000. Индексами показаны природоохранные проблемы, возникшие в этом регионе при орошении [6]. Для ареала I характерно истощение и загрязнение вод (В), ветровая эрозия (дефляция) почв (П_д), засоление почв (П_з). Для ареалов II—IV, выделенных в долинах Амударьи и Сырдарьи, характерны те же природоохранные проблемы, а также нарушение и истощение недр (Н), потеря продуктивных земель (З_у), дигрессия пастбищ (Д), химическое загрязнение почв (П_х), загрязнение атмосферы (А). Индексы стоят на карте в порядке значимости проблемы для ареала.



ла 60-х до начала 80-х годов. Под потенциалом ландшафта мы понимаем прежде всего его устойчивость, т. е. способность к самоочищению от антропогенных загрязнений и восстановлению. Строго говоря, общий потенциал ландшафта распадается на целый ряд частных — атмосферный, водный, биологический и т. п. Поскольку здесь нет возможности пояснять ни суть, ни методику определения каждого такого потенциала, отошлем интересующихся деталями к специальной литературе².

Для примера остановимся лишь на одном, так называемом почвенно-геохимическом потенциале, оценку которого провел автор этих строк. К тому же она оказалась в некотором роде комплексной, перекрывшей целый ряд других. Действительно, устойчивость ландшафта к антропогенным воздействиям во многом зависит от строения, химического состава, физических и биологических свойств почвы, а также процессов превращения и перемещения вещества в почвенном горизонте. Почвенно-геохимический потенциал оцени-

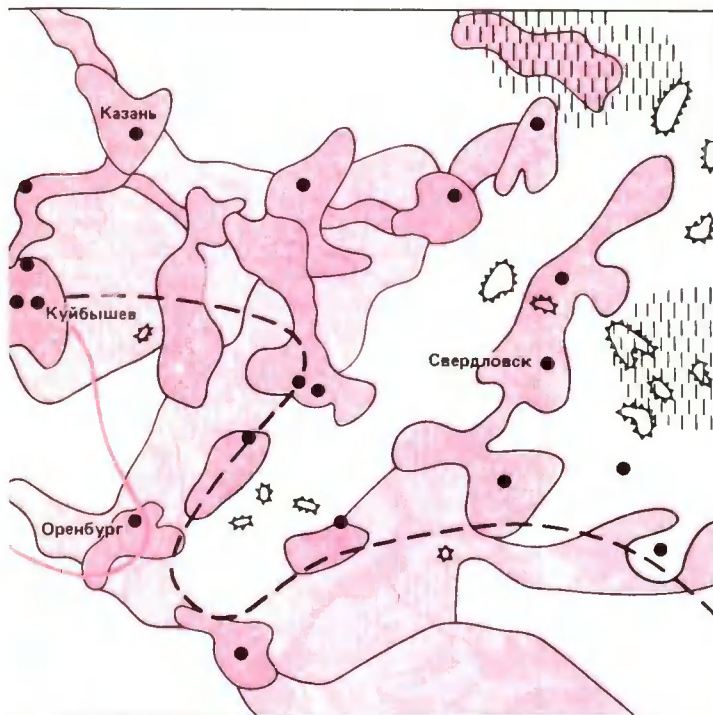
вался по 12 показателям. Это, например, степень развитости почвенного профиля, т. е. мощность почвенного слоя и наличие в нем нескольких горизонтов, от которых зависит устойчивость к распашке и загрязнению; содержание гумуса (чем его больше, тем лучше почва сопротивляется некоторым внешним воздействиям); тип водного режима (при промывном соли и продукты загрязнения выносятся, а при непромывном скапливаются); реакция среды (рН), от которой зависит подвижность химических элементов, и т. п.

Статистические данные об этих показателях и их изменении во времени частично имеются в государственном земельном кадастре, недостающая информация бралась из нашего банка данных, о котором шла речь.

На воспроизводимой здесь карте изменения почвенно-геохимического потенциала, где в легенде выделены три степени его деградации, видно, что наибольшие потери произошли там, где первоначально почвенно-геохимический потенциал был высоким — в Центрально-Черноземном районе, на Украине, в Молдавии, в Поволжье.

Уже на основе одной этой карты можно было выделить зоны неблагоприятного или критического состояния природных систем, связанных в основном с нера-

² Базилевич Н. И. // Известия АН СССР. Сер. геогр. 1986. № 2. С. 49—67; Безуглая Э. Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. Л., 1980. См. также: Глазковская М. А. Способность окружающей среды к самоочищению // Природа. 1979. № 3. С. 71—79.



Ареалы:

- острых экологических ситуаций
- наибольшего развития эрозийных процессов
- наибольшего истощения водных ресурсов малых рек
- кислых атмосферных осадков
- Северная граница распространения пыльных бурь
- Города с высоким уровнем загрязнения атмосферы
- Заповедники и заказники

иональным сельскохозяйственным землепользованием, ведением лесного хозяйства деятельностью промышленности и транспорта, т. е. ареалы природоохранных проблем. Подобные карты были сделаны и после оценки изменения других природных потенциалов, их совместный (сопряженный) анализ позволил уточнить границы ареалов. Далее изучались виды использования территории, плотность населения, нарушение земель при добыче полезных ископаемых, розия почв по опубликованным ранее или озданным в процессе работы картам. Все эти материалы в совокупности отражают азличные виды и уровни антропогенных агрузок.

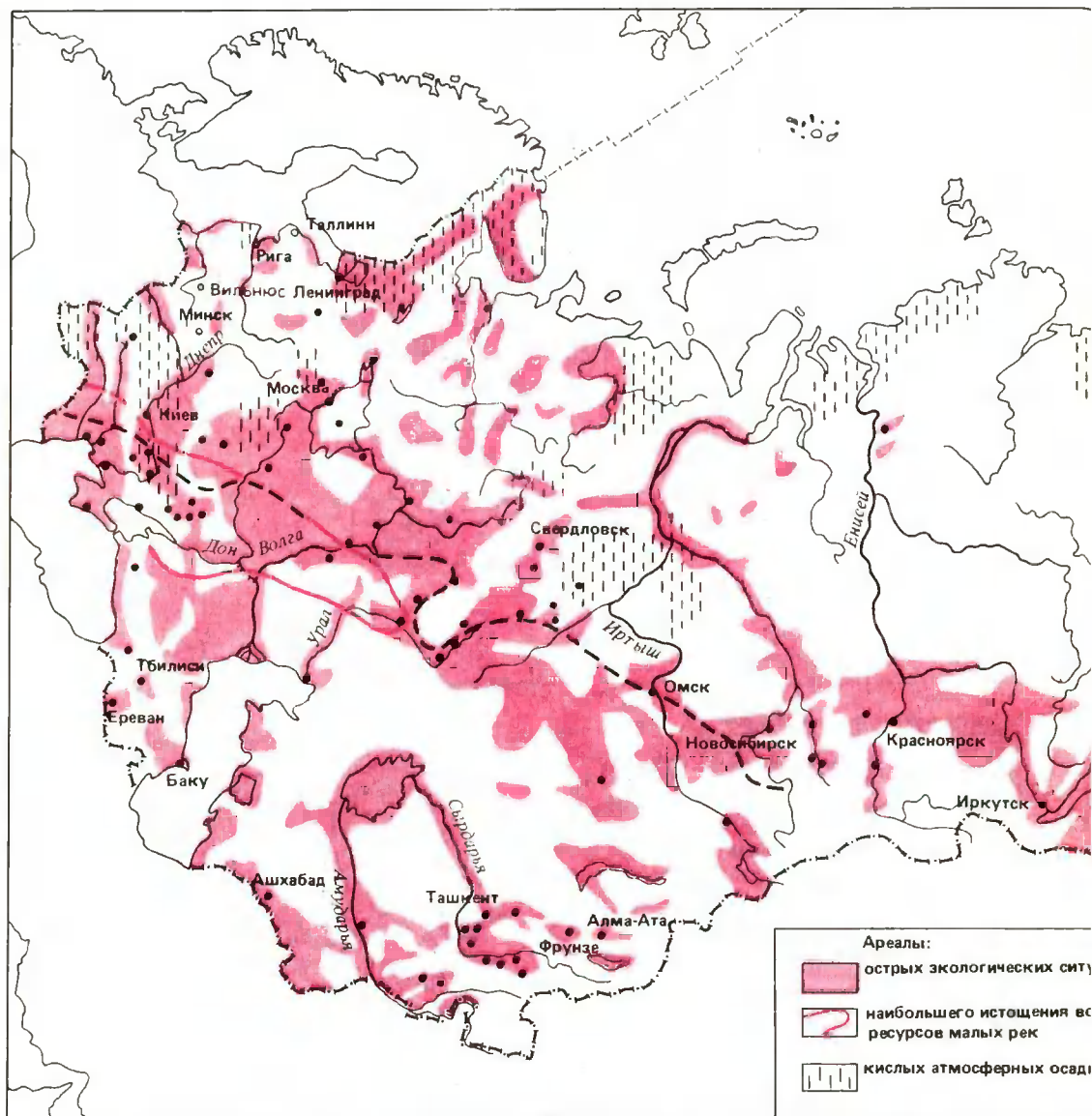
Урал. Фрагмент той же карты. В этом регионе насчитывается более 20 ареалов острых экологических ситуаций, в более мелком масштабе сливающихся в одну Уральскую группу ареалов.

По степени остроты природоохранные проблемы или экологические ситуации были разделены на 3 группы: конфликтные, кризисные и катастрофические³.

Первая — наименее острая — характерна для районов, где происходят компенсируемые изменения в природе. Известно, скажем, что распашка земель ведет к полному сведению естественной растительности, нарушению верхнего горизонта почв, изменению их физико-химических и биологических свойств, но при правильной агротехнике она не приводит к полной деградации природной системы. Низкая же культура земледелия, как правило, ведет к усилению эрозийных процессов, росту оврагов, потере гумуса и т. п.

Следующая по остроте — кризисная ситуация — характеризуется значительными и слабокомпенсируемыми изменениями ландшафта. Вместе с тем при снятии антропогенного пресса такие ландшафты возвращаются в свое первоначальное состояние, хотя при этом могут потребоваться десятилетия и сотни лет. Кризисная ситуация в на-

³ Коронкевич Н. И., Малик Л. К., Антипова А. В. и др. Современные и ожидаемые природоохранные проблемы в СССР // Географическое прогнозирование природоохранных проблем. М., 1988. С. 178—199.



Ареалы острых экологических ситуаций на территории СССР.

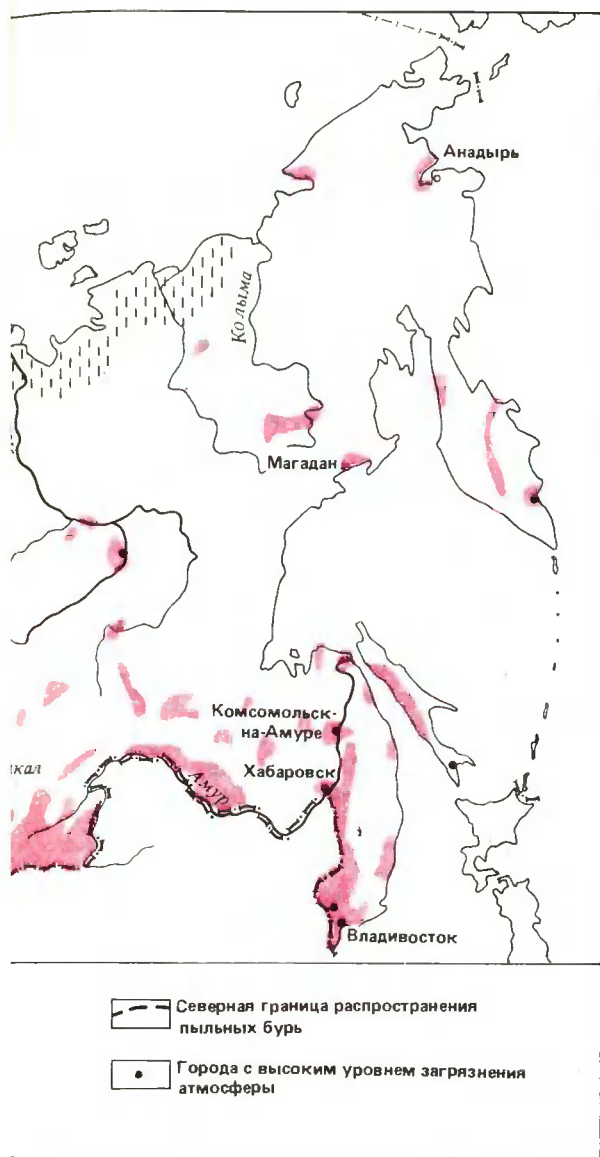
стоящее время возникла на ряде озер и рек (Ладога, Байкал, Волга), из-за чрезмерной распашки черноземов в Центрально-Черноземном районе, загрязнения ядохимикатами почв, растительности и вод в Молдавии и т. п.

И наконец, глубокие, необратимые изменения природы, особенно в густонаселенных районах, мы называли катастрофиче-

скими ситуациями. На территории нашей страны настоящая катастрофа уже произошла в Приаралье, близки к ней Калмыкия и Волго-Ахтубинская пойма.

Если степень остроты природоохранных проблем нам удалось ввести в легенду карты и ее легко прочесть специалисту, то виды антропогенных воздействий и характер природоохранных проблем пришлось указывать специальными индексами.

Мы выделили 10 видов воздействий, отмеченных на карте цифрами: охотничье



промышленное хозяйство (1), выпас скота (2), рубки леса (3), земледелие (4), осушение (5), орошение (6), гидротехническое строительство (7), урбанизация территории, обрабатывающая промышленность (8), транспорт (9), горнодобывающая промышленность (10). Цифры эти стоят на карте в порядке убывания значимости для определенного ареала.

Природоохранные проблемы мы разделили на 6 групп, изображенных на карте буквенными индексами: А — атмосферные (загрязнение атмосферы); В — водные (истощение и загрязнение вод); Б — био-

логические (деградация лесов под влиянием внешних воздействий, дигрессия пастбищ, истощение рыбных ресурсов); П — почвенно-геоморфологические (эрозия, смыл, дефляция, засоление, загрязнение почв, образование оврагов, нарушение мерзлотного режима); З — земельные (нарушение и отчуждение земель, истощение недр, потеря продуктивных земель); Р — ландшафтные (ухудшение и потеря природно-рекреационных качеств ландшафтов, нарушение охранного режима уникальных природных объектов).

При этом в каждом ареале воздействия и их последствия (природоохранные проблемы) ранжировались по приоритетам. Так, в Центрально-Черноземном районе главный вид воздействия — земледелие, за ним урбанизация территории, обрабатывающая и горнодобывающая отрасли промышленности и т. д. Среди последствий главное — снижение естественного плодородия, загрязнение атмосферы, истощение и загрязнение вод (4, 8, 10, П, А, В — на карте). Чтобы наглядно показать, как это выглядит на карте, мы приводим здесь ее «каральский фрагмент» с цифровыми и буквенными обозначениями.

Каждая природоохранная проблема имеет свой критерий оценки. В частности, загрязнение атмосферного воздуха и воды определялось по превышению ПДК, эрозия — по площади сильно эродированных почв (20—40 % от площади территории) и «плотности» оврагов, дигрессия пастбищ — по сведению травянистого покрова и уменьшению биомассы и т. д.

Точные границы ареалов природоохранных проблем в некоторых случаях установить трудно из-за отсутствия специальных исследований и норм предельно допустимых изменений ландшафтов под антропогенными воздействиями. Однако в большинстве мест они совпадают с контурами видов использования территории, например пахотных земель, а точнее, определяются зонами интенсивного земледелия (как в Центрально-Черноземном районе и на Северном Кавказе). Однако, скорее всего, они должны включать и соседние территории, где также ощущается влияние распахии со всеми вытекающими последствиями. Не всегда очерчены и границы районов, где сказывается влияние орошения. Ведь подъем грунтовых вод, засоление почв и грунтов, деградация или исчезновение растительности проявляются на больших расстояниях от мелиоративных систем.

Труднее всего выделять ареалы природоохранных проблем, связанных с влия-

нием промышленности и транспорта. Это влияние может простираться на десятки и сотни километров (например, кислотные дожди, зоны распространения которых недавно мы смогли нанести на карты). Однако наибольшее воздействие на природные системы, как показала оценка изменения почвенно-геохимического потенциала, наблюдается в радиусе 3—75 км от промышленного объекта в зависимости от его мощности, количества и состава выбросов.

АРЕАЛЫ ОСТРЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ

На территории СССР выделена 31 группа ареалов острых природоохранных проблем (кризисных и катастрофических). В эти группы входит 291 ареал, общей площадью 3,7 млн км² (16 % всей территории страны). Площадь отдельных ареалов изменяется от 0,6 до 420 тыс. км². Суммарная площадь ареалов с острой экологической ситуацией в СССР в 17 раз превосходит площадь особо охраняемых территорий (заповедники и заказники). Молдавия, Донбасс, Урал в значительной степени покрыты такими ареалами.

Если посмотреть на приведенный в статье упрощенный и сильно уменьшенный вариант карты, то заметно, что природоохранные проблемы условно делятся на три группы: зональные, аazonальные и внутризональные (интрозональные). Первые обусловлены хозяйственной деятельностью, связанной главным образом с использованием ресурсов (прежде всего земельных и лесных), приуроченных к природным зонам. Вторые вызваны индустриализацией и урбанизацией территории и имеют на карте вид пятен или полос (очаговый или линейный характер). Третьи связаны с техническими воздействиями, направленными на преобразование природных условий — орошение и осушение, и охватывают лишь отдельные, изолированные участки в пределах зоны.

По выделенным ареалам подсчитано, что эрозией охвачено 373 тыс. км² земель, дефляцией — 670 тыс. км², деградацией лесов (вместе с перерубом) — 534 тыс. км², горными разработками нарушено 162 тыс. км², воды суши истощены и загрязнены на 496 тыс. км².

Кроме того, немалую площадь занимают ареалы острых природоохранных проблем в водных геосистемах СССР. Это известные всем водоемы, где сложилась критическая экологическая ситуация в отдельных случаях с необратимыми и трудно устраи-

мыми последствиями (Байкал, Арал, Ладога, северная часть Каспийского моря и др.).

В 1988 г. 26 % населения страны проживало в 123 городах, входящих в ареалы острой экологической обстановки. Особенно много таких городов на Урале, в Средней Азии и Восточной Сибири.

Выделяются ареалы со сложным комплексом проблем в зонах влияния промышленных центров, районах интенсивного использования природных ресурсов и высокой плотности населения. Среди них Донбасс, Поволжье, Кузбасс, восточный Урал (от Нижней Туры до Челябинска), Ферганская долина и т. п. К этой же группе можно отнести ареалы крупнейших городских агломераций — Москвы и Ленинграда с их пригородными зонами. Из общего комплекса проблем в этих ареалах на первое место выходит загрязнение атмосферного воздуха и воды, угрожающее здоровью населения, на второе — деградация и разрушение природных ландшафтов.

Простые ареалы связаны с обеднением или утратой определенных видов ресурсов. Это территории с интенсивными лесозаготовками, водные объекты, подвергшиеся интенсивному загрязнению и утратившие частично свое ресурсное значение (Онежское и Ладожское озера), деградирующие из-за сильной эрозии и дефляции пахотные земли и пастбища (Центрально-Черноземный район, Северный Кавказ, Северный Казахстан). Острота экологической ситуации определяется здесь значительной потерей биологической продуктивности и плодородия почв.

Если же рассматривать природоохранные проблемы по природным зонам, то выявляются такие закономерности. В тундре и лесотундре они в значительной мере связаны с добычей полезных ископаемых и перевыпасом на оленьих пастбищах. Группа ареалов, имеющая явно выраженные тенденции к расширению, сложилась на севере Западной Сибири — в районах разведки и добычи нефти и газа. Для нее характерно в первую очередь нарушение земель и нефтяное загрязнение природной среды, особенно опасное из-за низких температур воздуха, воды и почвогрунтов и слабопротекающих процессов самоочищения.

В таежной зоне природоохранные проблемы вызывают рубки леса, намного превышающие расчетную лесосеку (север Европейской части СССР, Приангарье, Урал), и горные разработки. В зоне широколиственных лесов такие проблемы, и прежде

всего эрозия почв, связаны с нерациональным земледелием. Существен здесь также рост урбанизированных территорий и связанное с ним загрязнение воздуха, воды и почв.

Специфические проблемы возникают в лесной зоне при осушении земель. В Белорусском и Украинском Полесье торфяники после осушения в первые 10 лет теряют за год в среднем 15—20 т торфа с гектара. После «сработки» торфа и его выдувания на поверхность выходят малоплодородные супесчаные и песчаные горизонты, что иногда приводит к пыльным бурям. А при мелиорации в ряде районов Нечерноземной зоны РСФСР возникло вторичное заболачивание почв.

В мелиоративных проектах ландшафтные особенности территории, и в частности структура почвенного покрова, учитываются далеко не всегда. Поэтому в мелиорируемый массив нередко попадают значительные площади, не требующие никакого осушения, а также болота, играющие важную водоохранную роль.

Из-за сплошной распашки (до 70—80 % территории), потери гумуса, переуплотнения почвы тяжелой техникой, интенсивного проявления эрозии потенциал лесостепных и степных ландшафтов существенно понизился. Слишком долго эти ландшафты выдерживали значительные антропогенные нагрузки. В результате здесь сложилась крайне неблагоприятная экологическая ситуация, требующая принятия неотложных мер по восстановлению и сохранению ландшафтов, и прежде всего повышению плодородия черноземов, которое за последнее десятилетие сильно снизилось и имеет тенденцию к дальнейшему падению.

Сплошная распашка целинных и залежных земель в Северном Казахстане привела к дефляции почв, потере гумуса, а в отдельных местах — к полному уничтожению почв. Сложившаяся ситуация еще более обострится из-за промышленного ос-

воения этого региона, связанного с добычей и переработкой минерального сырья.

На других нераспаханных участках степи, используемых, как правило, под пастбища, значительное распространение получили природоохранные проблемы, связанные с перевыпасом скота (деградация пастбищ). Особую остроту эти проблемы приобрели в связи с полным пренебрежением к пастбищеоборотам и уходу за кормовыми угодьями в Калмыкии, Казахстане, на юге Западной Сибири и в Забайкалье.

В полупустынной и пустынной зонах природоохранные проблемы связаны главным образом с орошением (засоленность, истощение и загрязнение вод) и неумеренным выпасом скота.

Наиболее критическая обстановка сложилась в Приаралье. Низкий технический уровень мелиоративных систем, нерациональное использование воды на полив, нарушение агротехники и севооборотов при преобладании монокультуры хлопчатника привело к засолению и заболачиванию, выводу из строя обширных массивов орошаемых земель, истощению водных ресурсов, высокой заболеваемости населения и деградации всей экосистемы Арала. Уровень его за последние 25 лет понизился более чем на 11 м, и он полностью потерял свое рыбохозяйственное значение.

Попытка комплексной оценки экологической ситуации (природоохранных проблем) делается для территории нашей страны впервые. Сознвая незавершенность этой работы, мы надеемся, что наши карты, и особенно карту ареалов острых экологических ситуаций, уже сейчас можно использовать для принятия необходимых природоохранных мер, целесообразного освоения тех или иных территорий и ресурсов, разумного размещения народнохозяйственных объектов.

А.А. Каменский
Н.Ю. Сарычева

Пептидная регуляция физиологических функций



Андрей Александрович Каменский, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник биологического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Область научных интересов — исследование пептидных регуляторов физиологических функций организма. Неоднократно печатался в «Природе».



Наталья Юрьевна Сарычева, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник того же факультета. Специалист в области фармакологии поведения, занимается изучением регуляторных пептидов, их влиянием на поведение животных.

3 А ПОСЛЕДНЕЕ десятилетие огромный интерес к пептидам — небольшим молекулам, состоящим порой всего из нескольких аминокислот, — стал более целенаправленным, а именно больше внимания стали уделять их регуляторным функциям.

К настоящему времени в организме обнаружен не один десяток пептидов, не просто физиологически активных, а способных влиять одновременно на несколько процессов, в частности на две интегрирующие системы организма — нервную и иммунную. Эта особенность придает пептидной регуляции особую мягкость, универсальность и гибкость.

Предметом нашего исследования стал один из таких пептидов — тафцин, который был открыт в конце 70-х годов группой американских исследователей и сразу заинтересовал самых разных специалистов. Такое внимание к этому пептиду обусловлено несколькими причинами. Во-первых, тафцин оказался мощным стимулятором иммунной системы, поэтому его изучение позволяет лучше понять механизмы иммунитета, а значит, и получать новые лекарственные препараты. Во-вторых, как было установлено отечественными исследователями, он способен воздействовать на центральную нервную систему. Изучение этого аспекта биологической активности тафцина представляет самостоятельный практический и теоретический интерес, о чем и пойдет речь.

Сначала несколько слов о том, как был обнаружен тафцин. Изучая белки плазмы крови, сотрудники Университета Тафта (США) выделили четыре фракции иммуноглобулинов, имеющих сродство к различным клеткам крови¹. Одна из фракций, которая связывалась с лейкоцитами и при этом повышала их способность к фагоцитозу (поглощению чужеродных частиц), получила название лейкокинина. Позднее оказалось, что стимуляция фагоцитоза зависит от строго определенного участка этого белка, состоящего из четырех аминокислотных остат-

¹ Najjar V. A. // Advances Enzymol. 1974. Vol. 41. P. 129—178.

ков (Thr — Lys — Pro — Arg). Этот тетрапептид называли тафцином.

Возник вопрос, может ли тафцин самостоятельно образовываться в организме или же он действует, находясь в составе молекулы иммуноглобулина? Очень скоро в наружной мембране лейкоцитов был найден фермент лейкокиназа, который расщеплял лейкокинин с образованием тафцина. Оказалось, что тафцин образуется в организме в относительно больших количествах (его содержание в плазме крови у здоровых людей около 250 нг/мл) и является одним из самых распространенных пептидов крови. Кроме того, наличие четырех аминокислот, образующих тафцин, в составе «родительской» молекулы иммуноглобулина, безусловно, необходимо для нормальной работы этого белка.

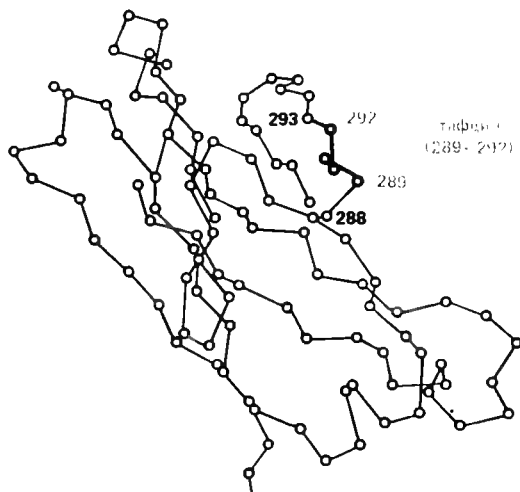
ТАФЦИН — ИММУНОСТИМУЛЯТОР

С момента открытия тафцин изучали главным образом как природный иммуностимулятор, поскольку он неспецифично повышал фагоцитарную активность лейкоцитов. Каковы же вероятные молекулярные механизмы действия тафцина на иммунитет?

Известно, что многие виды лейкоцитов имеют на своей мембране специфические тафциновые рецепторы. Пока, правда, обнаружен лишь один вид, зато на поверхности одной клетки их насчитывается от 50 до 72 тыс. После взаимодействия с клеткой-мишенью тафцин разрушается цитоплазматическими ферментами пептидазами до дипептидов Lys — Pro и Pro — Arg (или отдельных аминокислотных остатков), также обладающих определенной биологической активностью.

Как сигнал с внешних рецепторов передается внутрь клетки? Вероятными посредниками, по-видимому, служат циклические нуклеотиды, при этом характер стимулирующего эффекта тафцина точно повторяет кривую фагоцитарной активности пептида.

Поскольку между степенью активирования фагоцитоза и уровнем метаболизма циклических нуклеотидов существует корреляция, можно предположить, что в основе влияния тафцина на фагоцитоз лежит способность этого пептида регулировать внутриклеточный обмен веществ. Как только стало известно, что в момент захвата и уничтожения чужеродных частиц в обмене фагоцитов происходят резкие изменения, появилась возможность оценивать способность клетки к фагоцитозу путем измерения активности ряда ферментов. Оказалось, что введение тафцина усиливает энергетический обмен фаго-



Расположение тафцина в СН-домене Fc-фрагмента тяжелой цепи иммуноглобулина IgG (выделено цветом). Цифрами обозначены порядковые номера аминокислотных остатков в полипептидной цепи.

цитов. В конечном итоге в эксперименте они начинают активно поглощать чужеродные элементы, например введенные в брюшную полость крысы мельчайшие частицы латекса. Помимо стимуляции фагоцитоза, т. е. клеточного иммунитета, тафцин активирует также продукцию специфических антител.

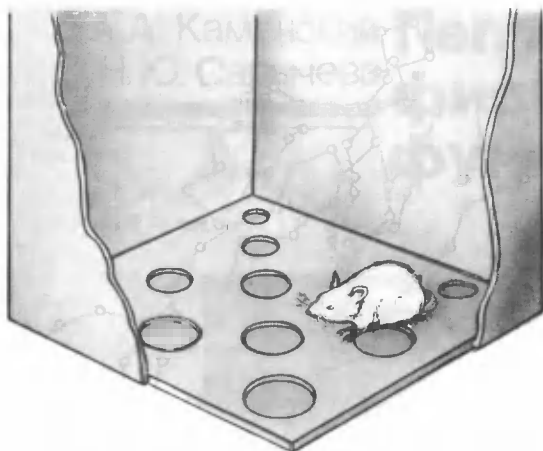
Длительность стимулирующего действия тафцина в опытах *in vitro* не превышает 15 мин, однако следует учитывать, что в крови тафцин образуется постоянно, причем антигены, попавшие в организм, усиливают этот процесс.

Итак, тафцин — это иммуностимулятор «собственного производства», поддерживающий постоянную работоспособность иммунной системы организма.

НЕЙРОТРОПНАЯ АКТИВНОСТЬ

В ходе изучения регуляторных функций пептидов накапливались все новые доказательства исключительной сложности спектра биологической активности веществ этого класса. Наличие у всех регуляторных пептидов нескольких функций в организме, а также данные о том, что любая система организма находится под воздействием нескольких различных пептидов, приводятся в огромном числе работ². Можно было предпо-

² См. подробнее: Ашмарин И. П. // *Вопр. мед. химии*. 1983. Т. 30. № 3. С. 2—7.



«Норковая камера», используемая для изучения фармакологического влияния пептидов на поведение животных.

ложить, что и тафцин не составляет исключения и способен действовать не только на иммунитет, тем более что в составе пептидов, регулирующих функции мозга (аргинил-вазопрессина, кортикотропина, брадикинина и др.), как и в тафцине, очень часто соседствует остаток аминокислоты пролина с остатками аргинина и лизина.

Эти факты позволили И. П. Ашмарину высказать предположение о том, что тафцин обладает нейротропной активностью. В наших экспериментах эта гипотеза подтвердилась. Выяснилось, что пептид стимулирует двигательную активность крыс, повышает их агрессивность, снижает некоторые реакции, связанные с эмоцией страха, обладает обезболивающим эффектом³.

Двигательную активность и эмоциональность животных оценивали по так называемому методу «открытого поля», при котором крысу помещают в центр арены, освещаемой ярким светом, и наблюдают за ее поведением. Оказалось, что после инъекции тафцина за 5 мин до начала опыта животные чаще выходят в центр арены (контрольные держатся преимущественно у бортика). Поскольку грызуны при испуге обычно загибаются, увеличение числа выходов в центр арены можно рассматривать как уменьшение страха перед окружающей обстановкой. Наблюдаемая в эксперименте повышенная двигательная активность может быть следствием усиления ориентировочно-

исследовательской реакции. Таким образом, возрастающая активность говорит о положительном влиянии тафцина на эмоциональное поведение животных.

Известно, что крысам, как и многим другим грызунам, свойствен «норковый рефлекс» — стремление пролезть в любое отверстие, ведущее в темноту. В экспериментах с использованием специальной кюветы с дырками в полу («норковая камера») тафцин резко усиливал этот рефлекс⁴.

Однако, если крыс до введения тафцина несколько раз помещали в камеру, то количество обследованных отверстий не увеличивалось. Почему? Крысы, побывав несколько раз в камере, запоминают, что отверстия в полу никуда не ведут, и ориентировочно-исследовательская реакция исчезает. В этих условиях тафцин не способен заставить их вновь обследовать камеру, хотя при наличии ориентировочной реакции пептид значительно ее усиливает. Возможно, тут мы сталкиваемся с закономерностью, характерной для биологической активности не только тафцина, но и многих других нейротропных пептидов: они способны изменять только имеющуюся реакцию, но не всегда могут инспирировать новые поведенческие акты.

О стимулирующем психику действии тафцина свидетельствуют и факты, полученные в Институте фармакологии АМН СССР. Крысы, помещенные в бассейн с водой, некоторое время активно плавают, пытаясь выбраться из него. Затем наступает период депрессии, когда животные отказываются покидать бассейн и неподвижно зависают на поверхности воды. Тафцин в этих условиях значительно уменьшает продолжительность зависания.

Когда в бассейне укрепляли стеклянный цилиндр без дна, а в него помещали крысу, то, чтобы выбраться из воды, животное должно было решить сложную для него задачу: поднырнуть под стенки цилиндра, находящиеся в воде, и покинуть бассейн. Введение тафцина увеличивало число успешных попыток.

По нашим данным, тафцин в полтора раза повышал способность крыс удерживаться на стержне, вращающемся с постоянной скоростью. Пептид улучшал координацию движений до уровня, которого контрольные животные достигают только в результате специального обучения.

³ Андреева С. М., Антонова Л. В., Каменский А. А. и др. // Доклады АН СССР. 1980. Т. 253. № 2. С. 498—500.

⁴ Каменский А. А., Ашмарин И. П., Каличевич В. Н., Сарычева Н. Ю. // Булл. эксперим. биол. и мед. 1986. Т. 1. № 1. С. 55—57.

Тафцин также стимулирует и обучение животных в опытах, где требуется избежать болевого раздражителя. При выработке условного рефлекса активного избегания крыса должна перебежать из одной камеры в другую после включения условного сигнала (звонка), чтобы избежать удара электрическим током по лапам. Введение тафцина за 5 мин до начала опыта ускоряло выработку навыка, а введение пептида сразу после обучения улучшало воспроизведение навыка.

Итак, описанные влияния тафцина можно охарактеризовать как психостимулирующие. Однако продолжительность их весьма невелика — в среднем 30 мин. Но нейротропное действие тафцина на этом не кончается, и в течение длительного времени наблюдается обратная картина. Если пептид вводить, например, за 4, 12 или 24 ч до начала опытов, двигательная активность крыс снижалась приблизительно на 20 % по сравнению с контрольными животными. Через 4—24 ч после инъекции тафцина снижается ориентировочно-исследовательская активность и эмоциональность животных, ухудшается выработка и сохранение условных рефлексов избегания болевого раздражителя.

Таким образом, эффект однократного введения тафцина состоит из двух фаз: психостимулирующей, продолжающейся около 30 мин, и более длительной — успокаивающего (седативного) действия.

Аналогичное действие тафцина проявляется также и в его влиянии на вегетативные показатели организма. Уже через 5 мин после введения тафцина температура тела крыс повышается в среднем на 1 °C, что совсем не так уж мало для теплокровных животных. Однако вскоре температура падает и в течение 4 ч остается на 1—1,5 °C ниже нормы⁵.

Для тафцина, как и большинства пептидных регуляторов, свойственна зависимость эффектов от исходного состояния животного. Например, если вводить тафцин крысам в привычных для них условиях, частота сердечных сокращений увеличивается примерно через 30 мин. Однако если этих животных привязать к деревянным столбам, что само по себе вызывает учащенное сердцебиение (тахикардию), то инъекция пептида замедляет частоту сердцебиений, причем максимум эффекта наблюдается через 2—4 ч после инъекции, т. е. в седативной фазе действия тафцина на поведение.

ВОЗМОЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ НЕЙРОТРОПНЫХ ЭФФЕКТОВ

Одновременно с открытием нейротропного действия тафцина были начаты работы по исследованию химических механизмов его влияния на центральную нервную систему. Поскольку спектр физиологических проявлений тафцина весьма широк, ожидалось, что и механизмы, лежащие в их основе, также могут быть разнообразными.

Один из вариантов такого механизма — изменение под действием тафцина гормональных процессов в организме. Действительно, в экспериментах тафцин усиливал секрецию тиреотропного гормона гипофиза, что, в свою очередь, приводило к выбросу в кровь гормонов щитовидной железы — активаторов обменных процессов. При этом может повышаться температура тела, усиливаться двигательная активность, т. е. как раз то, что мы наблюдали. Однако нейротропное действие тафцина проявляется очень быстро — через 3—5 мин после введения в организм, а на осуществление «гормональной цепочки» нужно явно больше времени. Несмотря на это, нельзя полностью исключить участия гормонов щитовидной железы в генезисе возбуждающих эффектов тафцина.

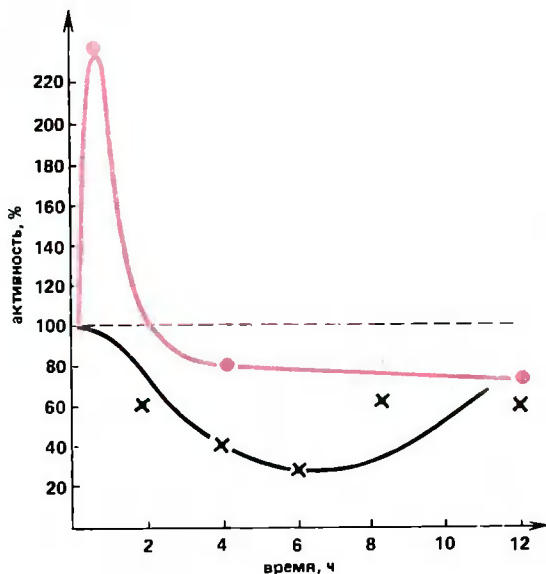
Другим возможным механизмом нейротропного действия тафцина может быть активация иммунного статуса организма, приводящая к нейротропному эффекту. Известно, что ряд регуляторов мозга, в том числе и пептидной природы, влияет на иммунитет. И наоборот, классический стимулятор неспецифического иммунитета, так называемый адьювант Фрейнда (представляющий собой взвесь убитых бактерий), ощутимо воздействует на память и способность животных к обучению⁶.

Однако влияние тафцина на развитие иммунного ответа проявляется к тому времени, когда активирующее действие пептида на центральную нервную систему и связанные с ней вегетативные явления уже нивелируются.

Поэтому вероятнее, что тафцин непосредственно воздействует на обменные процессы клеток головного мозга. Исследования показали, что введение тафцина изменяет активность глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы — ключевого фермента пентозофосфатного цикла, т. е. того энергетического процесса в клетке, который обеспе-

⁵ Каменский А. А., Сарычева Н. Ю., Калихевич В. Н. // Физиол. журн. СССР. 1988. Т. LXXIV, № 4. С. 547—550.

⁶ Ашмарин И. П., Еропкин М. Ю. Обучаемость на фоне адьювантной стимуляции иммуногенеза. // Механизмы управления памятью. Л., 1980. С. 22—24.



Кривые двигательной активности крыс в «открытом поле» (цветная кривая) и активности фермента сукцинатдегидрогеназы лимфоцитов. Стимулирующий эффект тафцина (пик двигательной активности) не сопровождается изменением метаболизма в клетках, ответственных за иммунитет, а период сниженной двигательной активности, напротив, совпадает с изменением энергетического обмена в лимфоцитах.

чивает передачу нервного импульса. Причем максимальный эффект развивался через 15 мин после введения пептида, что соответствует периоду возбуждения, вызываемого тафцином, тогда как достоверное увеличение активности этого процесса в лимфоцитах наблюдалось только через 2 ч после инъекции. Следовательно, сходные изменения энергетического обмена под действием тафцина наблюдаются как в клетках мозга, так и в клетках иммунной системы, однако центральная нервная система значительно быстрее реагирует на увеличение концентрации пептида в крови.

Недавно получены новые данные, подтверждающие непосредственное действие тафцина на клетки головного мозга: эксперименты показали, что уже через 20 мин после введения в кровь пептид активировал тканевое дыхание и интенсивность окислительно-восстановительных процессов в нейронах различных структур мозга⁷.

Анализ литературных данных, а также наши результаты по изучению влияния тафцина на поведение позволяют сделать заклю-

чение, что его действие на центральную нервную систему может опосредоваться также через систему биогенных аминов мозга.

Биогенные амины — один из важнейших классов медиаторов в организме человека и различных групп животных. К ним относятся норадреналин, серотонин и дофамин. Изменение содержания любого из них заметно сказывается на работе центральной нервной системы, в результате чего меняется поведение, температура тела, дыхание, деятельность сердечно-сосудистой системы.

В Институте фармакологии АМН СССР было показано, что тафцин меняет активность одного из ферментов, ответственных за выработку этих медиаторов в некоторых структурах головного мозга крыс. Причем эффект наблюдается как раз через 10 мин после инъекции пептида, т. е. в период развития поведенческих и иных изменений в организме. Обмен дофамина в мозге значительно усиливается через 20 мин после введения тафцина непосредственно в мозг⁸.

Фармакологический анализ эффектов подтвердил, что тафцин повышает двигательную активность крыс, предварительно сниженную некоторыми седативными средствами. В то же время он нормализует число движений, возрастающее под действием психостимулятора фенамина. Эти данные еще раз свидетельствуют, что направленность влияния тафцина зависит от исходного функционального состояния организма, причем тафцин, как и ряд других пептидных регуляторов, действует в качестве своеобразного «нормолептика» — возвращая нарушенный процесс к оптимальному для организма состоянию.

Однако тафцин не способен ликвидировать воздействие тех фармакологических веществ, действие которых затрагивает дофаминовую систему мозга.

Итак, есть все основания утверждать, что психостимулирующее действие пептида на поведение объясняется его влиянием преимущественно на дофаминовую систему мозга. Возможно даже, что тафцин, взаимодействуя с дофаминовыми рецепторами, отчасти имитирует действие дофамина, а отчасти препятствует развитию его нормального эффекта.

Что же касается длительного периода седативного действия тафцина, то его нейрохимический механизм изучен слабо. Однако при анализе биологического влияния пептида во времени обращает на себя внимание

⁷ Бегам Р., Максимович Я. Б. // Фармакол. и токсикология. 1985. Т. 48. № 2. С. 41—45.

⁸ Клуща В. Е. Пептиды — регуляторы функций мозга. Рига, 1984. С. 85—128.

то, что этот период начинается на фоне изменения иммунного статуса организма, вызванного введением тафцина.

Нельзя, однако, исключить возможность того, что и эта фаза опосредована через систему биогенных аминов мозга. Об этом говорит обнаруженное нами изменение содержания катехоламинов в структурах мозга крыс через 4 ч после введения тафцина. В то же время, зная, как сложны взаимоотношения между медиаторами и иммунной системой организма, нельзя отдать предпочтение одному из двух возможных вариантов седативного эффекта: вызван он действием тафцина на иммунную систему или же возникает в результате длительного влияния пептида непосредственно на центральную нервную систему.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Необходимость постоянного достаточного количества тафцина в организме подтверждается наличием ряда заболеваний, вызванных его дефицитом в крови. Сюда относится наследственная тафциновая недостаточность, при которой в сыворотке крови больных присутствует пептид, подавляющий действие тафцина. Полагают, что этот «лже-тафцин» может быть результатом мутации. Кроме того, при травматическом удалении селезенки может возникать также тафциновая недостаточность.

Описанные случаи тафциновой недостаточности сопровождаются тяжелыми повторными инфекциями, часто ведущими к смерти. Эффективным способом лечения такой патологии служит введение γ -глобулина. Применение же тафцина при этом пока затруднено, ибо промышленное производство его еще не налажено.

Чрезвычайно перспективный путь — поиски синтетических аналогов тафцина, обладающих более сильным или продолжительным действием. На этом пути достигнуты значительные успехи. Ряд перспективных новых пептидов, полученных в Институте органического синтеза АН ЛатвССР и в Научно-исследовательском институте химии Ленинградского университета, исследуется сегодня в нескольких биологических институтах и лабораториях.

Когда фагоцитоз в организме усилен до патологии, что наблюдается, например, при системной красной волчанке и ревматоидном артрите, весьма полезно использовать синтетические антагонисты тафцина, тормозящие фагоцитоз. Так, пептид Thr — Lys — Pro — Pro — Arg обладает противопо-

ложным по сравнению с тафцином действием. Кроме того, при отщеплении от молекулы тафцина остатка треонина в организме возникает трипептид Lys — Pro — Arg, также тормозящий фагоцитоз. Видимо, гибкость пептидной регуляции во многом определяется тем, что продукты деградации эндогенных пептидов зачастую обладают противоположным физиологическим эффектом по сравнению с родительской молекулой.

Тафцин характеризуется также значительной противоопухолевой активностью. Если его вводить мышам одновременно с клетками одной из разновидностей лейкемии, продолжительность жизни животных увеличивается. Оказалось также, что тафцин значительно снижает вероятность спонтанного возникновения опухолей у «пожилых» мышей. По-видимому, в основе этого действия лежит активирующее влияние пептида на так называемые естественные киллеры — крупные лейкоциты, уничтожающие в организме возникающие раковые клетки. Вероятно, тафцин может быть потенциальным иммунотерапевтическим средством для лечения некоторых видов опухолей.

В последнее время стало известно, что тафцин может служить лекарственным средством и против микозов. Получены также сведения о его защитном действии на иммунную систему при облучении ионизирующей радиацией.

Итак, широкое изучение иммуностимулирующего эффекта тафцина открывает все новые и новые возможности его терапевтического применения.

А можно ли использовать на практике нейротропное действие этого пептида? Группа сотрудников Института фармакологии продемонстрировала положительное влияние тафцина на поведение животных в экстремальных условиях. Возможно, эти опыты станут началом создания нового психостимулирующего препарата.

Итак, во-первых, тафцин и его аналоги могут быть основой лекарств от целого ряда заболеваний, во-вторых, тафцин интересен тем, что он способен комплексно изменять состояние организма при неблагоприятных воздействиях, например эмоциональном стрессе, инфекционных заболеваниях.

Мы надеемся, что глубокое и всестороннее изучение тафцина и других регуляторных пептидов приведет к открытию новых аспектов его биологической активности, интересных как в практическом, так и теоретическом плане.

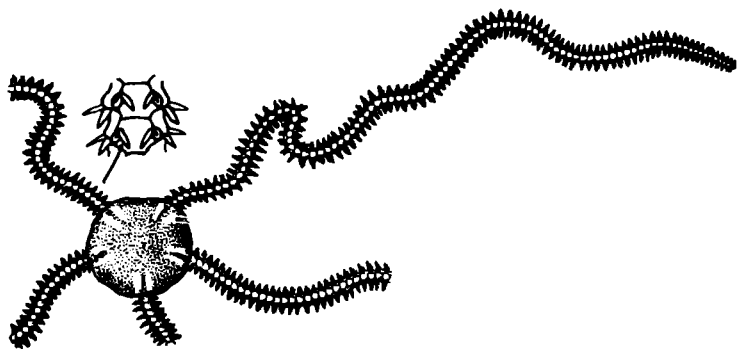
⁹ Вальдман А. В., Ратников В. И., Манерова Н. В. и др. // Бюлл. эксперим. биол. и мед. 1983. № 5. С. 34—35.

Разгадка свечения иглокожих

К. Н. Несис,
доктор биологических наук
Москва

АМЕРИКАНСКИЙ зоолог М. Гровер из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе, изучая в Карибском море светящихся офиуро-офиопсил (*Ophiopsila riisei*), прояснил интересный вопрос, давно занимавший морских биологов¹.

Одна из многочисленных загадок морской биологии — биолюминесценция животных, которые светятся в ответ на механическое раздражение (например, схватывание хищником), но при этом не имеют ни развитых органов зрения, ни группового поведения. Таковы, в частности, гребневники и офиуры². Биологическая роль свечения морских животных многообразна. Считается, что оно может быть даже опасным для самого животного, так как есть риск привлечь внимание хищника. Именно в расчете на привлечение хищных рыб и кальмаров изобретено множество разнообразных светящихся блесен и приманок. Разумеется, от хищника можно уплыть, ну а если уж хищник схватил жертву, то «предсмертная вспышка» могла бы предупредить собратьев, чтобы хоть они успели скрыться. Однако такое поведение предполагает острое зрение, быструю реакцию, а главное — развитые общественные отношения, чем ни гребневники, ни офиуры похвалиться не могут.



Светящаяся офиура-офиопсила (внд сверху); над ней изображен кусок ее руки-луча с обозначением участка свечения.

Офиуры-офиопсилы во множестве живут на мелководьях коралловых рифов Карибского моря. Это малоподвижные животные средних размеров: диаметр диска около 1 см, длина рук 10 см. Днем они укрываются в трещинах, щелях, под камнями; ночью вылезают на поверхность дна, расправляют руки и ловят планктон. Офиуры постоянно пользуются одними и теми же убежищами, их численность в них составляет в среднем 100—200, а иногда и больше 1000 экз/м². Любое прикосновение к офиуре вызывает ее свечение, сила которого пропорциональна раздражению. На резкое прикосновение она реагирует яркой вспышкой, распространяющейся по всей длине рук, и немедленно закапывается в грунт.

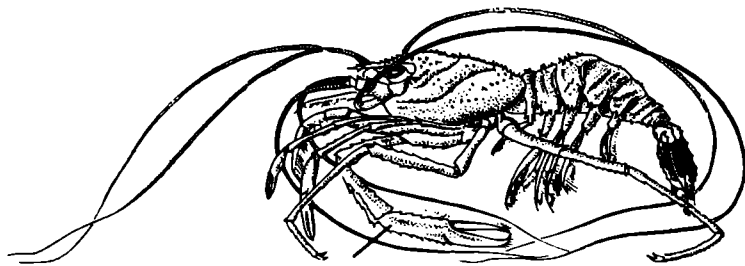
Гровер по ночам пересекал с аквалангом рифы у о-вов Сан-Блас (Панама) и, опускаясь с глубины 1,5 до 25 м, отмечал все вспышки офиур и

пытался установить, что их вызвало. В 70 % случаев ему это удавалось. Свечение, как оказалось, вызывают самые разнообразные животные — многощетинковые черви, крабы, раки-отшельники, креветки, осьминоги, морские звезды, голотурии, другие офиуры, рыбы. Вспышки в среднем наблюдались каждые 6 мин, а каждые 10 мин — очень яркая. Крабы-плавунцы, хищные креветки, осьминоги, бычки интересуются офиопсилами, но на вспышку света реагируют однозначно — «отскакивают». Маленькие крабы и раки-отшельники, питающиеся падалью, иногда стараются избегать офиур, иногда не обращают на них внимания, но никогда не нападают. Креветки-чистильщики тоже интересуются офиопсилами, но совершенно не реагируют на их свечение. Другие иглокожие как бы вовсе не замечают ни офиопсил, ни их вспышек.

Для экспериментов Гровер собирал офиопсил днем (чтобы выманить их из норы, достаточно впрыснуть туда немного разбавленного уксуса) и держал в аквариуме, где была уложена продырявленная чере-

¹ Grober M. S. // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 1988. Vol. 115. № 2. P. 157—168.

² Несис К. Н. Загадка свечения иглокожих // Природа. 1975. № 7. С. 63—65.



Креветка-чистильщик стенопус; в эксперименте на свечение офиур не реагирует, но умерщвленных офиур обследует.

пица. Офиопсилы жили под черепицами, а в отверстия высывали руки. Экспериментатор подсаживал к ним хищных креветок *Brachycarpus biunguiculatus*³, креветок-чистильщиков *Stenopus hispidus* и лангустов *Panulirus argus*. Контролем служили анестезированные офиопсилы (неподвижные, не светившиеся от прикосновения) и активные несветящиеся офиуры *Ophioderma cinereum*. Лангуны и брахикарпусы четко реагировали на вспышку офиопсил: либо сразу меняли направление движения, либо сначала останавливались, а затем поворачивали обратно. На офиодерм и анестезированных офиопсил они иногда напа-

дали, но чаще всего оставляли без внимания. Стенопусы не делали различий между светящимися и несветящимися офиурами, но неподвижных обследовали, вероятно интересуясь, не мертвые ли они и нельзя ли ими подзакусить. В общем, эксперименты в аквариуме подтвердили данные, полученные в море.

Итак, яркая вспышка света отнюдь не привлекает хищника, а отпугивает его. Гробер обнаружил, что крабы-плавунцы не едят даже мертвых офиопсил, и предположил, что свечение может быть предупреждающим сигналом, подобным яркой черно-желтой окраске ос. Но свечение — хорошая защита и против хищников, питающихся офиопсилами: отпугнув врага, можно успеть закопаться. В результате доля особей с поврежденными или регенерировавшими руками среди офиопсил намного ниже, чем у несветящихся рифовых офиур.

Свечение офиопсил защищает, вероятно, не их одних. Гробер заметил, что вокруг скоплений офиопсил ютятся много мелких раков-отшельни-

ков и стенопусов. Некоторые стенопусы даже залезают офиурам на спины. Скорее всего, они находят там защиту от осьминогов, лангустов и крабов-плавунцов. Ведь офиуры укрываются днем в одних и тех же местах и постоянное население рифа, очевидно, знает эти места. Но даже если хищник и проникает в убежище, вспышка света послужит для раков и креветок одновременно предупредительным сигналом и «световой оградой». На их собственные движения офиопсилы тоже отвечают светом, но, как мы видели, ни стенопусы, ни раки-отшельники на него не реагируют.

Гипотеза о привлекающем действии света на морских животных давно нуждается в пересмотре. Во всяком случае, такую роль может выполнять лишь слабое и постоянное свечение⁴. Яркая вспышка в темноте морских глубин способна лишь отпугнуть. Например, твердо доказано, что вспышки одноклеточных жгутиковых динофлагеллят отпугивают планктонных веслоногих рачков и подавляют у них пищевой рефлекс. Кальмары хорошо ловятся на слабо светящуюся наживку, но прожектор подводного аппарата приводит их в шоковое состояние⁵. Что касается иглокожих, то загадка их свечения, пожалуй, разгадана.

³ Этот вид в одних местах ведет себя как хищник, в других — как чистильщик. См.: Буруковский Р. Н. // Природа. 1981. № 10. С. 116—117.

⁴ Morin J. G. // Bull. Mar. Sci. 1983. Vol. 33. № 4. P. 787—817.

⁵ Алексеев Д. О. и др. // Тезисы докл. IV Всесоюз. конф. по пром. беспозв. Севастополь, 1986. Ч. 1. С. 126—127.

Е.А. Мамчур

Научное познание и ценности



Елена Аркадьевна Мамчур, доктор философских наук, ведущий научный сотрудник Института философии АН СССР. Специалист в области философских проблем естествознания. Занимается проблемой ценностных аспектов науки. Автор книг: Проблема выбора теории. М., 1975; Проблема социокультурной детерминации научного знания. М., 1987. В «Природе» опубликовала статью (в соавторстве с Н. Ф. Овчинниковым): Принципы простоты и симметрии (1968. № 6).

В ПОСЛЕДНИЕ годы усилилась критика науки с гуманистических позиций. В развитии естественных наук представители гуманитарного знания усматривают опасную тенденцию к дегуманизации, к разрыву с человеческими ценностями. Науку (имеется в виду естественные науки) критикуют за объективизм, присущий ей безличностный характер, оборачивающийся, как полагают, равнодушием к человеку и волнующим его проблемам, за нацеленность на решение чисто утилитарных — производственных и технических — задач и забвение духовных интересов и ценностей. Ее обвиняют в стремлении доминировать над природой, вместо того чтобы искать подходящие формы сотрудничества с нею, упрекают в неспособности справиться с проблемами, которые порождены, как утверждают, ее же собственным развитием: истощением природных ресурсов, загрязнением окружающей среды, использованием научных открытий в нежелательном направлении.

Спектр предлагаемых при этом рекомендаций весьма широк — от требований вообще отказаться от науки, до призывов воссоединить науку с гуманистическими ценностями.

Насколько обоснована эта критика? Представляется, что даже если некоторые из упомянутых замечаний и справедливы, в целом гуманистическая критика науки несостоятельна. В своем требовании соединить научное знание с человеческими ценностями, она не дифференцирует различные типы научной деятельности и не обсуждает вопроса о том, какой из них к каким ценностям имеет непосредственное отношение. Следует различать как минимум два момента: отношение науки к социально-этическим ценностям и роль ценностей в науке как познавательном явлении. Критики науки исходят из того, что все виды научной деятельности в равной мере «нагружены» этическими ценностями. Но это заблуждение. Серьезные возражения вызывает и тезис о том, что объективность научного знания означает его дегуманизацию.

СОЦИАЛЬНЫЙ ВЕКТОР НАУЧНОЙ ЭТИКИ

В настоящее время тезис о том, что моральная ответственность ученых — это объективное требование, выполнение которого необходимо для самого существования и развития человеческого рода и сохранения жизни на Земле, один из самых популярных в гуманистической литературе. В эпоху, когда стало очевидным, что развитие науки и техники влечет за собой такие последствия, как серьезные экологические кризисы, аварии масштаба чернобыльской, создание оружия массового уничтожения и т. п., рассуждения об ответственности ученых за использование научных достижений звучат все актуальнее.

До недавнего времени ученые были убеждены, что этика науки состоит в соблюдении таких норм научной деятельности, как чистота экспериментов, научная добросовестность, высокий профессионализм. Ныне добросовестность и беспристрастность ученого считаются необходимым, но недостаточным условием научной этики. К традиционным требованиям добавился вопрос о социальной ответственности ученого. Любые попытки представителей науки снять с себя такую ответственность, ссылаясь на существование объективной логики науки, независимой от воли отдельных исследователей, ныне подвергаются серьезной критике. Так же, как и стремление «спрятаться» за тезис, согласно которому использование научных достижений всецело определяется характером социальных институтов, в рамках которых наука функционирует.

Более того, вполне можно согласиться и с мнением, что ученые должны ощущать бремя ответственности даже в большей степени, нежели представители других слоев населения, поскольку осведомлены лучше. Только они могут оценить размеры грядущей опасности. И если этого не делают ученые — по-видимому, не делает никто. Воистину знание должно быть одним из самых сильных моральных импульсов в научной деятельности¹.

МОРАЛЬНАЯ МАКСИМА ИЛИ РЕАЛЬНОЕ ТРЕБОВАНИЕ?

Всецело соглашаясь с требованием этической релевантности науки, хотелось бы тем не менее поставить вопрос о возможно-

сти его практической реализации. Как моральная максима оно имеет все права на существование. Но в какой мере могут следовать ему ученые в своей реальной деятельности? Ответ зависит от характера исследований. Этот момент не всегда четко оговаривается в гуманистической литературе. Между тем требовать от ученого, занятого фундаментальными исследованиями, всегда учитывать возможные последствия его открытий — значит выдвигать благие, но нереализуемые пожелания. Ученый-«фундаментальщик» не думает о возможных приложениях своих результатов. Его задача в другом — открывать объективные законы природы, исследуя природные объекты в том виде, как они существуют сами по себе, безотносительно к человеческой деятельности. Технологические исследования, связанные с применением знания и получением практических результатов, предполагают изменение природных объектов в нужном для человека направлении.

Более того, представитель фундаментальных наук чаще всего и не может предвидеть результаты своей деятельности. «Практический выход многих фундаментальных открытий, как правило, непредсказуем»². Представление о равной ответственности фундаментальных и технологических исследований базируется на широко распространенной и прочно укрепившейся в общественном сознании модели взаимоотношения науки и технологии, согласно которой технология является приложением фундаментальных наук. На эту модель опираются и призывы ко всемерной поддержке и финансированию фундаментальных наук, и обвинения в их адрес. Насколько, однако, сама эта модель соответствует действительности? В последние годы появились работы, в которых она подвергается серьезной критике³. Так, на ее основе не удастся объяснить многие особенности взаимоотношения науки и технологии. Например, того, что открытия в фундаментальных науках сравнительно редко выступают непосредственным источником технологических новаций. Существует, как правило, временной интервал, и часто значительный, между открытием и его применением. И есть основания полагать, что все утверждения о сокращении этого интервала в наше время являются мифом⁴.

² Марков М. А. // Коммунист. 1986. № 7. С. 33.

³ См., напр.: *Wealth from Knowledge. A Study of Innovation in Industry*. L., 1972. P. 33—42.

⁴ Данилин Г. Д. Ускорение темпов научно-технического прогресса: миф и действительность. Научно-аналитический обзор. М., 1984.

¹ Сноу Ч. Две культуры. М., 1973. С. 138.

Источником технологических новаций чаще всего оказывается не наука, а предшествующая технология. Даже тогда, когда прикладники и технологи обращаются к фундаментальной науке за теоретическими знаниями, необходимыми либо для получения новых вещей или процессов, либо для усовершенствования уже сделанных изобретений, процедуру использования этих знаний вряд ли можно охарактеризовать как «приложение». Скорее, это особого типа творческая деятельность, предполагающая активные поиски нужного теоретического материала, его переработку и модификацию применительно к конкретной технологической задаче.

Пожалуй, правдоподобнее представление о науке и технологии как об относительно независимых процессах, обладающих собственной логикой развития⁵. Насколько обоснованно такое предположение, покажут дальнейшие исследования. Пока же вопрос о характере их взаимодействия остается открытым.

Если ученый, занимающийся фундаментальными исследованиями, знает о возможности использовать то или иное достижение науки в нежелательном для общества направлении, он обязан предупредить об этом — таково естественное требование научной и гражданской этики. Справедливо и то, что на современном этапе развития науки общество вправе требовать от ученых и более активной позиции, предполагающей работу в экспертных комиссиях, выступления в печати, участие в случае необходимости в широких общественных движениях протеста и т. д.⁶ Тем не менее раздающийся в последнее время призыв — ввести «клятву ученого», аналогичную клятве Гипократа в медицине, которая обязывала бы его решать только «полезные задачи» и оберегать людей от вредных последствий развития науки, по отношению к фундаментальным исследованиям звучит наивно.

Даже для прикладных разработок, характер которых вполне ясен, ученому подчас непросто принять решение о своем в них участии. На исследователя могут оказывать влияние несколько факторов, и ему приходится выбирать между различными критериями и ценностями. Когда физики должны были решать вопрос об участии в Манхэт-

тенском проекте, они знали, что будут создавать оружие массового уничтожения небывалого масштаба. Заставила их согласиться на участие в проекте мысль о необходимости опередить на этом пути гитлеровскую Германию, чтобы спасти от гибели цивилизацию.

Тем не менее, взвесив все «за» и «против», приняв единственно верное, с его точки зрения, решение, ученый-прикладник может не только сам отказаться от участия в соответствующих разработках, но и постараться убедить в этом своих коллег. Обратив внимание общественности на опасность планируемых исследований, он способен повлиять на судьбу разработки.

Возможности такого влияния у ученого, занятого фундаментальными исследованиями, значительно скромнее. В последнее время, правда, все чаще указывают на происходящее сближение между фундаментальными и прикладными исследованиями, которое, как считается, открывает новые перспективы контроля над развитием фундаментальных наук. Что при этом имеется в виду? В связи с ускорением научно-технического прогресса возникают новые формы организации научной деятельности, связи науки и производства. Речь идет о научно-производственных комплексах, межотраслевых научно-технических комплексах (МНТК), целевых исследовательских лабораториях и т. п. Их образование преследует две цели. С одной стороны — эффективное внедрение научных достижений в производство. Предполагается, что их создание поможет сделать путь научной идеи от ее открытия до воплощения в жизнь возможно более прямым, безболезненным и коротким. С другой — новые формы организации научной деятельности оказываются проблемно ориентированными, целевыми. Они призваны решать определенные народно-хозяйственные задачи. Как правило, эти задачи являются многомерными, комплексными, в связи с чем, в отличие от математических институтов, где работают ученые одного профиля, в их решении участвуют представители разных научных дисциплин, а также инженеры, экономисты, техники.

В рамках таких объединений бывает трудно провести границу, как между фундаментальными и прикладными исследованиями, так и между научными разработками и инженерной деятельностью⁷. В данном случае «чистые» исследования ориентируются на решение производственной задачи.

⁵ См., напр.: C a s i m i r H. B. G. The Relations between Science and Technology // History of Twentieth Century Physics. N. Y.; L., 1977. P. 450—451.

⁶ Точка зрения о необходимости активной позиции ученого при решении социально-этических проблем науки последовательно развивается в кн.: Фролов И. Т., Юдин Б. Г. Этика науки. Проблемы и дискуссии. М., 1986.

⁷ Степин В. С. // Коммунист. 1987. № 14. С. 76.

Нередко научная деятельность и инженерное творчество совмещаются здесь в одном лице: ученые-«фундаментальщики» сами участвуют в разработке технологий. В этих условиях ссылки на то, что применение результатов теоретической деятельности не поддается контролю со стороны ученых, звучат уже неубедительно.

Все это верно. И тем не менее, как ни трудно подчас провести границу между «чистыми» и прикладными исследованиями, как ни стерта и размыта она в комплексных целевых программах, она существует. Оба эти вида деятельности могут осуществляться в рамках одной организации, в одном помещении и даже одним лицом. Однако, даже «сблизившись» в пространстве и времени, они остаются разными по цели и назначению: один из них ориентирован на познание объективных законов природы, другой — на использование этого знания при создании новых веществ, машин, технологий. И все моратории и запреты должны относиться только к прикладным исследованиям. Для фундаментальных наук режим максимального благоприятствования — свобода научного творчества.

ОРГАНИЗАЦИЯ В НАУКЕ И СВОБОДА ТВОРЧЕСТВА

Свобода научного творчества является той ценностью, без которой наука не может реализовать своего специфического назначения. Любые попытки вмешаться в ход научного исследования и запретить то или иное научное направление (даже под благовидным предлогом — приблизить науку к потребностям практики и жизни) чреваты самыми серьезными последствиями. Нельзя заранее предугадать, что может дать в будущем научный результат, представляющий поначалу абстрактным и бесполезным. Хорошо известно, какими потерями для отечественной науки обернулись попытки запретить генетику в нашей стране. А ведь диктовались они, в частности, и такими соображениями, как «оторванность» генетика от нужд народного хозяйства. Но это «абстрактное» и сугубо теоретическое направление привело к биотехнологии, практические возможности которой трудно переоценить. С помощью генной инженерии уже получен ряд ценных медицинских препаратов (человеческий инсулин, интерферон, гормон роста), а также высокопродуктивные штаммы микроорганизмов для получения антибиотиков, ферментов, аминокислот, витаминов. Такое необычайно эффективное технологическое приложение, как лазерная

техника, получено в результате исследования в чисто теоретической области — квантовой электродинамике.

Даже математические теории, оперирующие объектами, при полном отвлечении от конкретного их содержания, неожиданно находят приложение в прикладных областях и оказываются весьма плодотворными. Известный физик Е. Вигнер назвал это «непостижимой эффективностью математики». Видимо, о такой же «непостижимой эффективности» можно говорить, имея в виду развитие теоретических исследований вообще.

В свете сказанного дилемма «знание ради знания» или «знание ради человечества», которая якобы стоит перед ученым (ее, устами Г. Галилея, формулирует Б. Брехт в своей пьесе «Жизнь Галилея»), представляется надуманной. Разве знание, которое служит как будто бы только внутринаучным целям и тем самым образцом «знания ради знания», не оказывается на поверку и «знанием ради человечества»? Разве не вносит оно вклад в развитие системы научного знания, в создание естественнонаучной картины мира? И в конце концов, непосредственно или опосредованно разве не окажется оно полезным и в более утилитарном смысле?

Но свобода научного творчества в сфере «чистого» знания важна не только по таким «прагматическим» соображениям. Научное познание в этой области представляет собой самоорганизующийся процесс. В развитии системы научного знания обнаруживаются эффекты и закономерности, появление которых не ожидается и которые возникают помимо и независимо от сознательно планируемой деятельности ученых. Скрытая игра этих эффектов формирует то, что на поверхности выступает как собственная логика развития научного знания.

Как и любой другой самоорганизующийся процесс, развитие научного знания совершается без какого-либо внешнего организующего начала. Этот момент с особой силой подчеркнул английский ученый М. Полани: «Зрелый ученый выбирает предмет изучения по своему собственному усмотрению и исследует его с помощью метода, который находит подходящим. Он делает свои собственные выводы и обосновывает сделанные утверждения так, как считает правильным. И ни на одном из этапов своей исследовательской деятельности он не является объектом руководства со стороны более высокого авторитета»⁶. Роль координи-

⁶ Polanyi M. The Foundations of Freedom in Science // Physical Science and Human Values. N. Y., 1969. P. 125.

нирующего механизма выполняет именно свобода научного творчества. Защищая идею свободы в науке и конкретизируя ее организующую функцию, один из творцов современной физики Э. Ферми утверждал: «Опыт показывает, что в какой-то мере случайный характер научной деятельности, порождаемый тем, что каждый ученый свободно выбирает свой собственный предмет исследования, является единственным гарантом того, что ни одна действительно важная линия исследования не будет упущена»⁹.

Правда, эта свобода не абсолютна. Она ограничена системой методологических норм, принятых в науке. Руководствуясь ими, ученый вынужден «пригонять» результаты своей деятельности к результатам, достигнутым другими. Однако это ограничение для фундаментальных исследований является единственным.

Не привнес ли в вопрос о свободе развития фундаментальных исследований некоторые новые моменты появление упомянутых новых форм организации научной деятельности? Ведь деятельность ученых, занятых фундаментальными исследованиями в МНТК, да и целых коллективов такого типа, протекает в иных условиях по сравнению с тематическими институтами: она приобретает вполне определенную заданность, проблемную ориентированность. Не накладывает ли само возникновение целенаправленных фундаментальных исследований определенные ограничения на развитие фундаментальных наук? Думается, такие опасения лишены оснований. В МНТК и подобные организации вовлечена лишь небольшая часть фундаментальных исследований. И разрабатываются в них лишь отдельные участки всего спектра возможных проблем.

Требование свободы научного творчества не означает, конечно, призыва вернуться к идеалам Просвещения с его наивной верой во всемогущество науки и ее безусловную способность обеспечить социальный прогресс. Противоречивый, двойственный характер науки давно обратил на себя внимание и вызывает законную тревогу не только далекой от науки общественности, но и многих ученых. Наука дала человечеству не только знание структуры атома, но и атомную бомбу, а развитие основанной на науке техники принесло не только материальные блага, но и загрязнение среды обитания.

Следует, однако, помнить, что наука и техника — средство в руках той части об-

щества, которая ответственна за принятие решений по их применению. Ученые ответственны за развитие науки (с учетом сделанных выше оговорок) в той мере, в какой они причастны к принятию решений. Зачастую представители науки вообще не участвуют в этом — решают политики и администраторы. Но в любом случае выбор целей не осуществляется и не может осуществляться на основе чисто научных аргументов, так сказать, «изнутри» естествознания и техники. Он совершается в значительно более широком контексте. И причина этого — в самом характере естественного знания.

МЕТОДЫ НАУКИ И ЦЕЛОСТНОСТЬ БЫТИЯ

Как уже отмечалось, по самой своей природе «чистая» наука носит объективно-предметный характер. К. Маркс даже противопоставлял освоение мира «мыслящей головой», т. е. теоретический, научный способ, религиозному и практически-духовному. Отличительной особенностью первого Маркс считает то, что в процессе теоретического освоения мира познаваемый объект «остается все время вне головы, существует как нечто самостоятельное... т. е. как предмет»¹⁰.

Многие критики науки видят в ее предметном характере проявление определенной ущербности. Именно это, утверждают они, придает науке принципиально частичный характер, не позволяющий ей учитывать в своих результатах и построениях цели и ценности человека. И доля истины в подобных утверждениях есть. В известном смысле наука действительно ценностно нейтральна: какими бы интересами и ценностями ни руководствовался ученый в своих исследованиях, его результаты не должны зависеть от этого. По выражению известного биолога, лауреата Нобелевской премии Ж. Моно, «Наука покоится на строго объективном подходе к анализу и интерпретации Вселенной, включая самого человека и человеческое общество. Наука игнорирует и должна игнорировать ценностные суждения»¹¹.

Наука ценностно нейтральна и в другом отношении: она не рассматривает вопросы о добре и зле, смысле жизни и назначении человека, т. е. все, что составляет суть и содержание ценностных аспектов бытия. Не анализирует она также смысл и цели научно-технического прогресса, играющего столь

⁹ Цит. по: Polanyi M. The Foundations of Freedom in Science. P. 125.

¹⁰ Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 12. С. 727—728.

¹¹ Monod J. On the Logical Relationship between Knowledge and Values // The Social Impact of Modern Biology. L., 1971. P. 12.

важную роль в принятии конкретных решений по поводу использования достижений науки. Это не значит, что наука не имеет отношения ко всем этим вопросам. Напротив, научные методы должны играть значительную роль в их исследовании. Но надежды сциентистски настроенных исследователей на беспредельные возможности науки в этом отношении безосновательны. Это, кстати, хорошо понимают трезво мыслящие естествоиспытатели. Обсуждая вопрос о долях развития науки и техники, которые должны быть заложены в концепцию научно-технического прогресса, В. Гейзенберг утверждал: «Столь важное решение должно исходить... из понимания целостного человека и всей его реальности, а не просто какого-то ее малого отрезка»¹².

Является ли нейтральность науки по отношению к рассматриваемым ценностям ее недостатком? Если и да, то это недостаток, переходящий в достоинство. Ведь именно эта особенность позволяет науке выполнять ее основное назначение — поставлять объективное знание о мире, обеспечивая таким образом научному знанию особый статус, отличающий его от всех других результатов интеллектуальной деятельности.

НАУКА И ДУХОВНЫЕ ЦЕННОСТИ

Не ведет ли обезличенность естествонаучного знания, порождаемая его предметным характером, к дегуманизации науки? Способно ли ценностно нейтральное знание удовлетворять духовные потребности и запросы людей? Пожалуй, наилучшее разрешение этих сомнений можно найти в докладе Гейзенберга, посвященном И. Гете¹³. Гете был одним из тех, кто критиковал науку с гуманистических позиций тогда, когда негативные последствия ее развития еще только намечались. Он не принимал науки в той форме, какую она приобрела в эпоху Нового времени. Ему претили сухость и абстрактность математического естествознания, его отход от реальности. Великий мыслитель опасался, что, пойдя по пути аналитического расчленения объектов природы, использования количественных методов исследования, человек потеряет связи с природой, лишится способности воспринимать вещи и явления в их целостности, а природу — во всем богатстве ее качественных проявле-

ний. Он призывал к науке созерцательной, использующей лишь качественные методы исследования, пытался развить альтернативное естествознание, всецело ориентированное на человека. И потерпел фиаско: наука не пошла по начертанному им пути. Она развивалась, широко используя высокоабстрактные аналитические методы исследования.

Что приобрела и что потеряла она, следуя этой дорогой? Размышляя над этим вопросом, Гейзенберг вслед за Гете проводит различие между правильным и истинным знанием. Всеми своими блестящими технологическими приложениями наука доказала свою способность давать правильное знание. Но является ли это знание полноценным? Можно ли считать его не только правильным, но и применять к нему категорию истины? — спрашивает Гейзенберг. Ведь для Гете, как и для античных философов, истина неотделима от ценностей. Ответ Гейзенберга глубоко симптоматичен, ибо он отражает взгляды большинства ученых. Всецело разделяя тревоги гуманистов по поводу негативных последствий развития науки и допуская в связи с этим возможность по крайней мере частичного возврата к взглядам Гете, Гейзенберг, однако, решительно отвергает обвинения естественных наук в бездуховности. Он глубоко убежден, что, несмотря на кажущиеся сухость и абстрактность, эта область знания способна затронуть не только рациональные, но и эмоциональные стороны человеческой души. И хотя (прибавим от себя), вопреки мнению некоторых гуманистов, естествонаучное знание не сопрягается с понятиями добра и зла — само по себе оно не бывает ни добрым, ни злым, в отличие от целей применяющих его людей, — по мнению Гейзенберга, оно несет в себе заряд духовности, естественно сочетаясь с такою ценностью, как красота. Раскрывая за видимыми явлениями фундаментальные законы и структуры, свидетельствующие о едином порядке и гармонии целого, научное познание на более высоком витке своих абстрактных построений возвращается к, казалось бы, оставленному им миру человеческих ценностей. И в этом смысле наука, полагает Гейзенберг, дает не просто правильное, но и истинное знание.

Наука служит носителем и других духовных ценностей. Она удовлетворяет извечную страсть человека к познанию окружающего мира, страсть, не замутненную никакими корыстными расчетами. У нее есть своя эстетика: уродливые теоретические конструкции не удовлетворяют ученых, вызывают чувство интеллектуального дискомфорта. И наоборот, красота и совершенство

¹² Гейзенберг В. Естествонаучная и религиозная истина // Шаги за горизонт. М., 1987. С. 332.

¹³ Гейзенберг В. Картина природы у Гете и научно-технический мир // Там же. С. 306—323.

теоретических построений — для ученых знак истины.

Наука воспитывает у исследователя интеллектуальную честность; она в принципе лишена догматизма. Конечно, и в науке бывают ошибки и сознательный обман. Но может ли она нести ответственность за отдельных недобросовестных своих представителей? К тому же благодаря существующим методологическим нормам их следы в конце концов из системы научного знания устраняются.

И поскольку «действительность, внутри которой движется и пытается держаться сегодня человек, все больше определяется... наукой»¹⁴, понятен тот вклад, который может вносить и вносит наука в нравственное совершенствование человечества.

Как носительница духовных ценностей наука представляет собой особый тип культуры, играющей в обществе не менее важную роль, чем гуманистическая культура. Несмотря на различие в содержании разрабатываемых проблем, все научные группы и сообщества объединены (в идеале) стилем мышления, этическими нормами, методологическими принципами, целями. Стиль и ценности меняются со временем. Но нечто остается инвариантным и отличает науку от других разновидностей культуры.

Как особый тип культуры наука требует к себе бережного отношения. В ней сложились свои традиции и нормы, этика, самосознание, и требования аксиологизировать

науку, экологизировать и т. п. вызывают у естествоиспытателей законное недоумение и раздражение. Такая терминология и чрезмерные претензии к науке могут порождать недоразумения и непонимание между представителями двух культур — естественно-научной и гуманитарной. И, может быть, во избежание взаимного отчуждения следует выражаться аккуратнее: говорить, скажем, не об экологизации науки, а о необходимости учитывать возможные экологические последствия приложений научных открытий; не об аксиологизации, а об учете ценностных аспектов человеческого бытия при использовании научных достижений.

Нет сомнений, что в современных условиях этика науки становится жестче — к традиционным нормам научного этоса прибавляются социальные. Это не значит, однако, что традиционные нормы отойдут на второй план. Их соблюдение — необходимое условие сохранения науки как особого типа культуры. Более того, именно традиционная этика науки способна обеспечить и выполнение основных требований гуманистической культуры: только научная беспристрастность, чистота проведения эксперимента, его воспроизводимость и т. п. позволяют открывать объективные законы природы и использовать науку на благо людей¹⁵.

¹⁴ Хайдеггер М. Наука и осмысление // Новая технократическая волна на Западе. М., 1986. С. 67.

¹⁵ Когда статья уже готовилась, в «Литературной газете» (1989, № 1) появилась заметка А. Б. Мигдала, в которой взаимоотношение науки и этики рассматривается с аналогичных позиций.

Новый биосферный заповедник в Центральном Черноземье

В. А. Семёнов,
кандидат ветеринарных наук
Ю. П. Лихацкий,
кандидат биологических наук
Воронежский биосферный заповедник



СРЕДИ ПЕРВЫХ семи биосферных заповедников нашей страны в Центральном Черноземье был один — Центрально-Черноземный. С 1984 г. сеть таких заповедников расширилась, статус биосферного в этой же зоне приобрел и наш — Воронежский государственный заповедник, расположенный на стыке Воронежской и Липецкой областей. Как биосферный он пребывает еще «в пленках», но общая его история насчитывает более 60 лет.

Центральное Черноземье — это граница между лесом и степью, край байрачных дубрав и сосновых лесов, перемежающихся сейчас сельскохозяйственными угодьями. Усманский бор, в северной части которого находится наш заповедник, всегда славился лесами.

С конца XVII в. в бору рубили лес для постройки стругов, которые спускали на Дон, а при Петре I древесину отправляли на Воронежские верфи и там строили военные корабли. Чтобы сохранить леса для нужд военного флота, бор с 1696 г. был изъят из общего пользования и превращен в урочище корабельного леса, въезд и самовольная рубка в нем запрещались под страхом смертной казни. Браконьерства не было, но лес постепенно изреживался за счет постоянных выборочных рубок лучших строевых стволов. Темпы рубок опережали естественное возобновление сосны, в бору стали появляться березняки и дубравы. Тем не менее в последующие столетия бор продолжал служить основным источником древесины.

Рубки и неумеренная охота сказались и на фауне. К концу XIX в. в Усманском бору полностью исчезли олень, кабан и лось, глухарь, серый гусь и лебеди, на грани исчезновения оказались косуля, бобр, терев.

В начале нашего столетия специальная экспедиция Московского университета под руководством С. И. Огнева обнаружила в бассейне р. Воронеж всего несколько бобровых поселений. Для восстановления численности этого пушного зверя в 1923 г. реки Усмань и Ивница были объявлены заповедными, зоны в поймах рек изымались из хозяйственного пользования на 50 лет, а для охраны выделялся штат егерей; на территории лесничеств, прилегающих к рекам Усмань, Кривка и Воронеж, запрещалась охота и рыбная ловля. Но положение о Воронежском государственном бобровом заповеднике было утверждено лишь через 4 года. По этому положению территория в пойме Усмани шириной в две версты, площадью 2496 десятин объявлялась полным, или истинным, запо-

ведником, а окаймляющая ее полоса шириной в одну версту — частичным заповедником, т. е. охранной зоной. Через 7 лет территория заповедника расширилась до 20 124 га, а охранный зона — до 7500 га.

С 1932 г. задачами Воронежского заповедника были «сохранение природных ресурсов и генетического фонда Центрально-Черноземной области, охрана, изучение и расселение бобра в другие местности Союза ССР, а также проведение научно-опытных работ по изучению лесов и их восстановлению». С этого времени здесь начинают развиваться научно-исследовательские работы, создаются бобровая ферма и музей природы. И уже в 1934 г. первые 8 воронежских бобров были доставлены в Лапландский заповедник, в следующем — на Кольский п-ов отправились еще 12 зверей.

Во время войны сам заповедник не страдал от военных действий — бои шли в 40 км от него, но работы приостановились: сотрудники ушли на фронт, а помещения были отданы под госпиталь. После победы жизнь и работа заповедника возобновились, началась инвентаризация растений и животных.

Что же представляет сейчас наш заповедник? Его гидрографическую сеть формируют левые притоки Воронежа — Усмань и Ивница с впадающими в них многочисленными ручьями. Усмань (в нее впадает около 20 притоков), берущая начало за пределами заповедника, пересекает его с севера на юг. Ее русло — это отдельные плесы, соединенные узкими протоками — ручьями, неширокая (0,5—1 км) пойма большей частью заболочена. Истоки Ивницы, собирающей воды более чем с половины площади заповедника, находятся к северу от его центра. Пойма ее тоже заболочена и тоже неширока — не более полукилометра. Западная граница заповедника проходит по р. Воронеж, о старом русле которой напоминает система плесов-озер.

Песчаные бугры на водоразделах перемежаются многочисленными мелкими болотами, ровные склоны переходят в пойму. Климат умеренно континентальный: относительно жаркое лето и умеренно холодная зима; за год в среднем выпадает 580 мм осадков.

Особенности рельефа, глубина залегания подстилающих пород и ряд других факторов сформировали почвы с разной влажностью и плодородием. Различной толщины песчаный плащ, покрывающий большую часть территории заповедника, оказывает существенное влияние на распределение расти-



Административный корпус. Расположение Воронежского биосферного заповедника.



тельности, сказывается на нем и большое количество мелких травяно-осоковых болот.

Флора заповедника богата мохообразными, их общее число достигает 112 видов: 8 видов печеночников, 13 — сфагновых, 91 — бриевых мхов. Есть здесь мхи, растущие на сухих участках (ксерофиты), есть обитатели переувлажненных мест (гигрофиты), но больше всего мезофитов — мхов со средней потребностью во влаге. Все эти мхи составляют экологический ряд Усманского бора, 44 % из них относятся к бореальным видам, 14 % — к аркто-бореальным, причем основными образователями немалочисленных в заповеднике болотных биоценозов являются бореальные виды, они же доминируют и в травяном покрове сосняков различного состава.

На территории заповедника соседствуют лесостепь и степь, характерные рас-

тения этих зон проникают из одной в другую, образуя сообщества своеобразного облика: болота, в которых лишь очень редко встретишь истинно болотные растения — клюкву и роснянку; влажные субори (переходные участки от сосняков к дубравам) с широко распространенной черникой, но редкой брусникой; опушки дубрав и поляны со степными растениями — ковылем, степной вишней, молодилом русским. Всего высших растений в заповеднике около 1000 видов, 140 из них — кустарники и деревья.

Почти 90 % всей площади заповедника — лес, основные породы в нем — сосна обыкновенная (34,6 % площади), дуб черешчатый (30,5 %) и осина (21,1 %). По блюдцеобразным болотистым впадинам обычна береза бородавчатая, вдоль русел рек и ручьев — ольха черная. Сложные многоярусные леса Усманского бора в основном есте-



Сосновый лес у оз. Чистого.

Косуля. Ныне она расселилась по всему заповеднику.

Здесь и далее фото Е. В. Хмельцева.





Европейский благородный олень. Его численность стабилизировалась, но еще превышает допустимую.

Зарастающие старицы р. Воронеж.



ственные, но есть и культурные насаждения конца XIX — начала XX вв. Сосняки пестрят мозаикой состава, в них много широколиственных древесных и кустарниковых пород, представителей флоры дубрав и даже степей.

Лишайниковые и зеленомошные сосняки (средний возраст 94 года) занимают западную часть заповедника, где почвы скудны влагой и питательными веществами. Деревья здесь растут медленно, редко увидишь могучую корабельную сосну, чаще стволы искривлены, некоторые напоминают лиру. В травяном покрове — типичные боровые растения: осоки (верещатниковая и пальчатая), ястребинка волосистая, очиток едкий, мхи и лишайники. Там, где влажность выше, во втором ярусе сосняков или в подлеске встречаются дуб, рябина, бересклет бородавчатый, дрок красильный, вишня степная, а среди трав — те же осоки, а также герань кроваво-красная, скерда, горная петрушка, вероника седая и другие растения.

В сложных лесах с сосной в первом ярусе и дубом во втором подлесок составляют лещина и липа, а травяной покров — представители дубравной растительности — осока волосистая, звездчатка и сныть.

Коренные дубравы (средний возраст около 70 лет) приурочены к пологим склонам водораздела Воронеж — Усмань и граничащей со степью восточной части заповедника. Дубовых лесов три типа — осоковые, осоково-снытиевые и черемухо-снытиевые. Первый ярус образован старыми (до 150 лет) гигантскими дубами и небольшим количеством крупных экземпляров ясеня. Во втором растёт клен остролистный, липа; в третьем — клен полевой. Черемуха, лещина и бересклет образуют густой подлесок, а под ним густо разрослись сныть, осока волосистая, звездчатка, копытень европейский, медуница и прочие травы.

Кроме коренных боров и дубрав в заповеднике много так называемых производных лесов из дуба, осины и березы (многие осинники возникли на месте сведенных дубрав). Такие леса — результат естественной смены пород и зарастания вырубленных в прошлом массивов.

Фауна Усманского бора, как и растения, представлена видами соседних природных зон. Типичный северянин заяц-беляк соседствует с южанами — каменной куницей, кольчатой горлицей; лесные (белка, лесной хорь и дятлы) — с обитателями степей (степным хорем, сизоворонкой).

За время существования заповедника видовой состав менялся за счет естественного расширения ареалов и акклиматиза-

ции, а численность разных групп животных — благодаря охранному режиму.

Речного бобра, ради восстановления и охраны которого был создан заповедник, к 1923 г. сохранилось лишь несколько семей. Сейчас их около 90, а численность популяции составляет 300—330 животных. Чтобы избежать перенаселения угодий, бобров давно уже отлавливают и вывозят в разные регионы СССР, а также в другие страны. За годы существования заповедника более 2,5 тыс. особей переселились в 36 областей, краев и республик нашей страны, а также в Монголию, Польшу, ГДР. Около половины европейских бобров, имеющих сейчас в СССР, воронежского происхождения; с 1963 г. в ряде областей разрешен лицензионный отстрел бобра.

При создании заповедника на его территории обитал лишь один вид копытных — косуля. Ныне она, как и европейский благородный олень, кабан, лось, стала фоновым видом.

Благородный олень ведет свое начало от небольшой группы животных, завезенных в 70—80-х годах прошлого века из Германии в зверинец принцессы Ольденбургской (он находился возле западной границы современной территории заповедника). Во время гражданской войны 11 оленей убежали из зверинца, размножились, и к середине нынешнего столетия их численность достигла 700—800 особей, а к 1975 г. — 1,5 тыс. Олени стали наносить существенный ущерб растительным сообществам, уничтожая кустарники, подрост и подлесок, их численность пришлось сокращать. С 1952 г. сотрудники заповедника отловили (по разработанной здесь же методике обездвиживания) и вывезли более 2,6 тыс. оленей в разные области страны.

В 50-х годах вновь заселил территорию заповедника кабан, численность его постоянно росла и, несмотря на регулирование, к середине 80-х годов достигла 600—700 особей. Буквально пропахивая землю в поисках желудей и лакомых корней, он уничтожает поросль дубков, его деятельность сказывается на составе и структуре травяного покрова.

Одновременно с кабаном в заповеднике появился лось. Живется ему вольготно, но численность в последние два десятилетия держится в пределах 60—70 особей: в заповеднике нет вырубленных лесных массивов, а стало быть, и обильной поросли, которой обычно кормятся лоси.

К сожалению, кольцо сельскохозяйственных угодий вокруг заповедника не только создает неблагоприятную экологическую обстановку на его территории, но и меняет

жизнь копытных. Животные, привлеченные легкодоступными кормами, которые открыто хранятся на предприятиях и в колхозах, уходят за пределы заповедной территории. В результате нарушается структура биоценоза, слабеют связи между его звеньями, утрачивается саморегулирование в популяциях некоторых видов.

В заповеднике 12 видов хищных млекопитающих, самый крупный из них — волк. Долгое время его судьба в заповеднике была такой же, как везде — волка истребляли, истребили и у нас. Это не замедлило сказаться: популяции копытных достигли чрезмерной численности, участились болезни оленей, у них аномально стали развиваться рога, увеличилось число ослабленных животных. С 1979 г. отношение к волку изменилось, его признали необходимым компонентом в заповедных экосистемах, стабилизирующим численность копытных и благотворно влияющим на состояние их популяций. Постоянно живущие сейчас в заповеднике волки (их около 10) спасают нас от бродячих и одичавших собак, от волко-собачьих гибридов, которых в Воронежской области немало¹.

Легкие почвы заповедника благоприятствуют процветанию хищников, живущих в норах. Лисица и барсук — исконные обитатели Усманского бора; барсучьи городки и лисьи норы размещены по всей его территории. В 1936 г., когда в нашей стране господствовала идея о переделке природы, появилась енотовидная собака. Быстро освоившись в новой обстановке, она заняла свободную тогда от хищников зону поймы, поселилась в старых бобровых норах и хатках, а затем в нежилых норах лис и барсуков. По вине енотовидной собаки с территории заповедника исчез тетерева, правда, способствовали этому и размножившиеся копытные, уничтожавшие травяную растительность.

Другой чуждый для заповедника вид — американская норка. Ее выпустили в Усмань в 1933 г., несколько зверьков сбежали из соседнего зверосовхоза и дали начало крупной популяции. Теперь американская норка обитает во всех водоемах Усманского бора; более крупная и агрессивная по сравнению с аборигенной европейской норкой, она почти полностью вытеснила ее из заповедника. Так сказалась акклиматизация в заповедной экосистеме.

Из млекопитающих больше всего гры-

зунов (20 видов): от бобра, массой до 30 кг, до мыши-малютки, масса которой не превышает 6—7 г.

В летних сумерках над полянами, просеками, над речной гладью и у кордонов постоянно охотятся за насекомыми летучие мыши. Обилие дуплистых деревьев в обширных спелых и перестойных лесах создают хорошие жизненные условия для этих животных. Их в заповеднике 12 видов.

По инвентаризации, проведенной в последние годы, в заповеднике 193 вида пернатых из 15 отрядов, 46 семейств. Ядро птичьего населения составляют гнездящиеся (130 видов), большинство из них — перелетные. Оседло живут в лесах только птицы 14 видов. Вокруг лидеров зимних стай — дятлов — собираются лазоревки, поползни, пищухи, гаички и большие синицы. Обилие семян и плодов привлекает сюда северян — снегирей, чижей, чечеток, реже — клестов-еловиков и кедровок (всего 14 видов переселенцев с севера). В период миграций на территории заповедника останавливаются птицы 44 видов.

Есть у нас и птицы из «Красной книги СССР»: балобан, змееяд, могильник, беркут, орлан-белохвост и скопа. Первые три гнездятся, другие бывают только во время миграций.

За последние 35 лет из заповедника исчезли тетерева и филин, по-видимому, из-за изменения биоценологических связей, вызванного чрезмерной численностью копытных. Но появились новые виды: на центральной усадьбе начали гнездиться кольчатая горлица и горихвостка-чернушка, на пойменных лугах — желтоголовая трясогузка, появился на пролетах белый аист. Вселению новых видов способствует хозяйственная деятельность на окружающей территории, а также естественное расширение ареала в антропогенном ландшафте.

Земноводных и пресмыкающихся в заповеднике 16 видов, по 8 в каждом классе. Наиболее редкие — живородящая ящерица и разноцветная ящурка.

Самая многочисленная группа животных — насекомые. По предварительным подсчетам, их не менее 10 тыс. видов, в том числе более 1500 видов жуков, 1100 — двукрылых, 1000 — перепончатокрылых, 700 — бабочек, 500 — клопов. В энтомофауне много лесостепных видов, характерных как для северных, так и для более южных (широколиственных) лесов. 12 видов насекомых занесены в «Красную книгу СССР»: красотел пахучий, жук-олень, пчела-плотник, сколия степная, бражник мертвая голова, махаон и другие.

¹ О волко-собачьих гибридах см. подробнее: Рябов Л. С., Бибииков Д. И. Пустует ли экологическая ниша волка? // Природа. 1982. № 3. С. 26—30.

300-летний дуб на центральной усадьбе. Вдали — здание монастыря, построенного в 1635 г.



Таков растительный и животный мир нашего заповедника, одного из трех первых заповедников (Астраханский — в 1919 г., Ильменский им. В. И. Ленина — в 1920 г.) в РСФСР. От охраны, изучения и размножения одного вида — речного бобра — задачи заповедника расширились до комплексного изучения различных компонентов биосферы. В настоящее время заповедник — это хранилище обширного генофонда островных боров лесостепной зоны. Сбереечь биологическое разнообразие сейчас не менее важно, чем предотвратить изменение климата, вызываемого хозяйственной деятельностью. Охрана всегда была первой задачей любого заповедника, она же входит в функции и биосферных. Природоохранную функцию мы, судя по разнообразию животных и растений, выполняем вполне успешно; занимаемся также изучением отдельных видов животных и растений, их сообществ и биоценозов — ведь без ботанических и зоологических знаний сохранить живой мир невозможно. Исследования ведутся как собственными силами, так и специалистами других учреждений, в заповеднике проходят практику студенты и аспиранты многих вузов страны.

Наш заповедник, состоящий из заповедной зоны (31,1 тыс. га) и охранной

(8 тыс. га, ширина от 0,5 до 4 км), которая окружает первую с трех сторон, находится в густонаселенном Центральном Черноземье, среди сельскохозяйственных угодий. В таких условиях необходимость природоохранного просвещения особенно наглядна. Этому роду деятельности мы уделяем много времени и сил, работа ведется не только со взрослыми, но и с детьми — с кого же, как не с них, начинать экологическое воспитание? Школьное лесничество, возникшее и существующее благодаря нашим сотрудникам, известно далеко за пределами Воронежской области. И тем не менее мы не выполняем одной из функций биосферных заповедников — экологическое образование и обучение у нас, впрочем и в других отечественных заповедниках тоже, невозможно. В первую очередь это связано с тем, что территория таких заповедников в сущности представляют собой ядро, абсолютно заповедную зону. По этой же причине мы не можем заниматься на своей территории исследованиями по разработке щадящих и восстановительных способов хозяйствования. Но мы можем (и должны) следить за фоновым состоянием некоторых компонентов биосферы. Создание станции фонового мониторинга (совместно с Госкомгидрометом СССР)



Хохлатка Галлера, встречающаяся в заповеднике в изобилии, зацветает ранней весной.

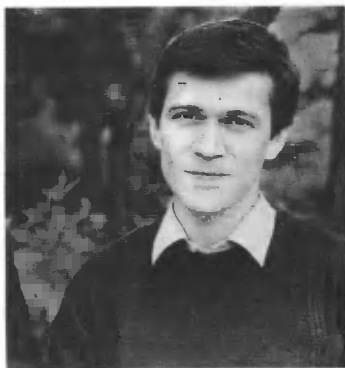
только начинается. Но, похоже, что как только она станет действовать, придется вести слежение не за фоновым состоянием воздуха, воды и почвы, а измерять концентрации новых загрязнителей территории заповедника, его экосистемы. К действующим сейчас антропогенным факторам добавятся новые: в 5 км от Воронежа строится атомная станция теплоснабжения, менее чем в 30 км к востоку от заповедника планируется строительство полигона и мощного завода по утилизации токсичных отходов промышленных предприятий области, обсуждается возможность возведения домостроительного комбината неподалеку от южных границ заповедника. Как скажется это на заповедной биоте, не перестанет ли заповедник быть эталонной природной территорией?

Биосферным заповедникам, созданным по инициативе Организации Объеди-

ненных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО), отводится огромная роль в сохранении природы и окружающей среды, условий выживания и развития человечества. Сейчас уже существует крупная мировая сеть из 243 биосферных заповедников, среди которых 22 отечественных. 15 из них, в том числе Воронежский, получили статус биосферных недавно, до этого они были обычными государственными. По недостатку времени, необходимому для того, чтобы такая реорганизация произошла на деле, и по многим другим причинам критериям «биосферности» наш заповедник соответствует лишь отчасти, как биосферному ему еще предстоит встать на ноги. Но возможно это при одном — главном — условии: если загрязнение заповедной территории не будет усиливаться.

В. Г. Сурдин
Г. М. Рудницкий

ГИГАНТСКИЕ молекулярные облака



Владимир Георгиевич Сурдин, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга МГУ. Научные интересы связаны с исследованием эволюции звездных систем и взаимодействия звезд с межзвездной средой.



Георгий Михайлович Рудницкий, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник того института. Специалист в области радиоастрономических исследований оболочек холодных звезд и физических процессов в межзвездной среде.

ПРОСТРАНСТВО между звездами издавна считалось эталоном пустоты. Но 200 лет назад В. Гершель открыл межзвездные облака, поглощающие свет находящихся за ними звезд (прохождению света препятствуют частицы межзвездной пыли, состав которой до сих пор не выяснен). В 1904 г. был обнаружен межзвездный атомарный газ — в звездных спектрах заметили линии поглощения ионизованного кальция. В 1937 г. открыта первая межзвездная молекула (CH), также по линиям поглощения в оптических спектрах. К настоящему времени в пространстве между звездами обнаружены молекулы, содержащие более десятка атомов (самая сложная из них — HC_{11}N , состоящая из 13 атомов).

Структура межзвездной газопылевой среды оказалась чрезвычайно сложной. В 1951 г. было зарегистрировано излучение атомов водорода с длиной волны 21 см, и это указало на существование межзвездных облаков с массой в сотни раз больше солнечной (масса Солнца $M_{\odot} = 2 \cdot 10^{33}$ г). А в 1975 г. по излучению в миллиметровом диапазоне радиоастрономы обнаружили облака с массами в миллионы раз больше солнечной. Такие гигантские молекулярные облака (ГМО) — самые массивные объекты нашей Галактики. Их вещество охлаждено почти до абсолютного нуля, но именно благодаря этому в них совершается великое таинство природы — рождение звезд.

МЕТОДЫ НАБЛЮДЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ГАЗА

Межзвездное вещество, как и вещество самих звезд, состоит в основном из водорода. На каждые 9 атомов водорода в среднем приходится 1 атом гелия и совсем незначительное количество других элементов.

Условия в межзвездной среде очень разнообразны: температура меняется от 3 до 10^6 К, а концентрация атомов от 10^{-3} до 10^5 см $^{-3}$. Поэтому один и тот же химический элемент может находиться в разных со-

стояниях. Например, водород при высокой температуре ($T \geq 10^4$ K) полностью ионизован, при средних температурах и плотностях встречается в форме атомов, а в холодных плотных облаках ($T \lesssim 100$ K, $n \gtrsim 200$ см $^{-3}$) образует молекулы H_2 . Каждая из этих трех форм требует своих средств наблюдения. Ионизованный водород — источник оптического излучения, которое легко принимается обычными телескопами. Атомы водорода, как уже говорилось, излучают радиоволны длиной $\lambda = 21$ см — в этом диапазоне давно освоились радиоастрономы. А вот с молекулярным водородом дело сложнее.

Основная составляющая межзвездных молекулярных облаков одновременно и самая неуловимая. Молекула H_2 не имеет дипольного момента, нет у нее и энергетических переходов, линии которых лежали бы в радиодиапазоне. Поэтому возможностей обнаружить H_2 в межзвездной среде очень немного. Одна из них — «просвечивание» межзвездных облаков излучением звезд. Если наблюдать звезду, расположенную за полупрозрачным облаком, то в ее спектре можно заметить линии поглощения входящих в состав облака атомов и молекул. У молекул водорода это электронные переходы полосы Лаймана с длинами волн от 991 до 1132 Å (ультрафиолетовый диапазон). Вести наблюдения в таком диапазоне с поверхности Земли невозможно. Только развитие внеатмосферной астрономии позволило в 70-х годах получить ультрафиолетовые спектры нескольких сотен звезд и выявить в 138 из них линии поглощения H_2 .

Нужно, однако, отметить, что такие исследования нельзя считать полными или систематическими. Для просвечивания межзвездных облаков годятся только наиболее горячие звезды с достаточно сильным излучением в ультрафиолетовой области. Уже это ограничивает выбор направлений в пространстве. К тому же коэффициент поглощения межзвездной пыли увеличивается с уменьшением длины волны излучения пропорционально $1/\lambda$, поэтому в ультрафиолетовом диапазоне поглощение особенно велико и плотные облака, представляющие наибольший интерес, вообще не просвечиваются звездами насквозь. Но даже информация о H_2 в облаках малой и умеренной плотности, полученная этим методом, имеет огромную ценность. Количество молекул водорода на луче зрения в таких облаках $10^{12} - 10^{21}$ см $^{-2}$. Сравнение с интенсивностью линии поглощения атомарного водорода $\lambda = 1216$ Å, возникающей в тех же облаках, позволило оценить долю f атомов водорода, объединенных в молекулы. Оказалось,

что в наиболее плотных облаках $f \approx 0,6$, а в наименее плотных $f \sim 10^{-4}$.

Другую возможность наблюдать межзвездные молекулы H_2 дают линии их излучения в ближнем инфракрасном диапазоне, связанные с переходами между вращательными и вращательно-колебательными уровнями (пыль поглощает инфракрасное излучение гораздо слабее, чем ультрафиолетовое). Эти линии наблюдаются в тех областях облаков, где температура повышена, т. е. за фронтами ударных волн, возбуждающихся при столкновении облаков или под действием излучения молодых массивных звезд. Инфракрасное излучение молекулы водорода возникает в тонком слое газа непосредственно за фронтом волны. За счет инфракрасного излучения газ быстро охлаждается и молекулы водорода вновь становятся невидимыми. Таким образом, и в инфракрасном диапазоне можно изучить только отдельные части облаков.

По этим причинам основным источником информации о молекулярном межзвездном газе служит радиоизлучение молекул более тяжелых, чем H_2 . Одно из самых распространенных в космосе сложных веществ — окись углерода. Потенциал диссоциации ее молекул 11,1 эВ, и она может существовать практически во всех областях, где остается нейтральным атомарный водород (потенциал ионизации атома водорода 13,6 эВ). Молекулы CO, сталкиваясь с другими атомами и молекулами, возбуждаются и затем излучают линии вращательных переходов. В некоторых облаках светимость линий CO в несколько раз превышает светимость Солнца. Самая длинноволновая из этих линий ($\lambda = 2,6$ мм) легко наблюдается во многих облаках.

Радионаблюдения линий CO и других молекул (в частности, HCN, OH, CN) позволяют охватить все области облаков с разными физическими условиями. Наблюдения же нескольких линий одной и той же молекулы дают возможность изучить распределение плотности и температуры газа в недрах облака. Этим наблюдения в радиодиапазоне выгодно отличаются от наблюдений ультрафиолетового и инфракрасного излучения молекулярного газа.

К сожалению, переход от концентрации CO к общей концентрации (а следовательно, и массе) газа таит в себе значительную неопределенность. Астрономам приходится делать допущения о химическом составе, основанные на модельных расчетах молекулярных процессов. Обычно принимают, что в межзвездном газе на одну молекулу CO приходится миллион молекул



H_2 . Но и подсчет числа самих молекул CO часто затруднен тем, что в плотных облаках часть их излучения поглощается другими молекулами CO и не доходит до нас. Чтобы выйти из положения, наблюдают излучение молекул CO с редким изотопом ^{13}C . Для такого излучения все облака прозрачны, но в расчеты входит новый неопределенный фактор — отношение числа молекул ^{13}CO к полному числу молекул CO.

Поскольку линии CO лежат в миллиметровом диапазоне, их регистрация оказалась непременной задачей для радиоастрономов. Чтобы принять слабое космическое излучение, применяют концентраторы энергии большой площади: в оптическом диапазоне это стеклянные зеркала-параболоиды диаметром 3—6 м, в радиодиапазоне — металлические антенны диаметром в десятки и даже сотни метров. Размеры таких концентраторов ограничены техническими возможностями: отклонения от идеальной формы не должны превышать десятой доли длины волны принимаемого излучения.

Для приема излучения CO необходима точность в доли миллиметра. Промышленность освоила такие антенны в 60-х годах, когда развивалась спутниковая связь в миллиметровом диапазоне. Улучшая конструкцию антенн и детекторов излучения, радиоастрономы добились высокой чувствительности приемников и в 1970 г. зарегистрировали излучение молекул CO.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОГО ГАЗА В ГАЛАКТИКЕ

К середине 70-х годов были проведены первые обзоры неба на длине волны 2,6 мм. Они показали, что молекулярный газ распределен в Галактике очень неравномерно — сконцентрирован в экваториальной плоскости еще сильнее, чем атомарный¹. Слой молекулярного газа имеет тол-

щину 0,1—0,2 кпк при радиусе 10—15 кпк. Но и в этом тонком диске молекулярный газ занимает лишь 0,1 % объема. Дело в том, что он собран в компактные облака огромной массы — от 10^3 до $10^6 M_\odot$. Всего в Галактике примерно 20 тыс. ГМО, причем основная доля молекулярного водорода сосредоточена в облаках с массами $\sim 10^6 M_\odot$ (их около тысячи).

Радиальное распределение молекулярного газа в Галактике также неравномерно. Хотя отдельные облака можно найти на любом расстоянии от центра, вплоть до периферии (15—18 кпк), две области галактического диска выделяются высокой плотностью молекулярного газа — это так называемые центральный молекулярный диск и молекулярное облачное кольцо.

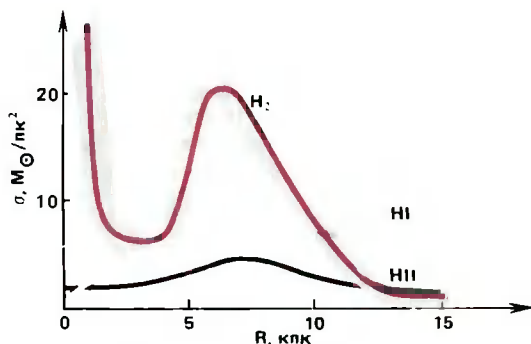
Центральный молекулярный диск имеет массу $3 \cdot 10^8 M_\odot$ и радиус около 1 кпк. Он отделен от молекулярного кольца довольно протяженной областью ($1 \leq R \leq 3$ кпк) с пониженной плотностью. Хотя центральный диск не сплошной, в некотором смысле его можно считать единым облаком. Действительно, его средняя плотность ($n \sim 100 \text{ см}^{-3}$) лишь в 3—5 раз меньше средней плотности типичных молекулярных облаков; уплотнения в нем имеют такую же плотность, как и в молекулярных облаках ($\sim 10^4 \text{ см}^{-3}$), хотя по массе они в тысячи раз больше. К примеру, одним из уплотнений является известное молекулярное облако Стрелец B2 (Sgr B2) — вероятно, крупнейшее в Галактике: радиус 15 пк, масса не менее $10^7 M_\odot$. В этом облаке радиоастрономы обнаружили около полусотни различных молекул — рекордное разнообразие.

Единство центрального диска подчеркивается и вращением: его экваториальная плоскость наклонена как минимум на 7° к плоскости Галактики. Но и это еще не все. Тонкий молекулярный диск погружен в более толстый и протяженный диск из атомарного водорода. Ось вращения этого диска еще сильнее наклонена к галактической — почти на 30° . Есть указания и на то, что по своему изотопному составу центральный диск отличается от других областей Галактики. Словом, к загадкам галактического ядра теперь добавились вопросы, связанные с центральным молекулярным диском. Не исключено, что изучение этой любопытной структуры поможет понять поведение активного ядра нашей звездной системы.

Молекулярное облачное кольцо занимает область от 3 до 7 кпк от центра Галактики, где сосредоточено около 80 % всего молекулярного вещества межзвездной сре-

¹ Sanders D. B., Solomon B. M., Scovill N. Z. // *Astrophys. J.* 1984. Vol. 276. P. 182—203.

Так выглядит ближайший комплекс гигантских молекулярных облаков (ГМО), расположенный в созвездии Орион (символическое изображение созвездия заимствовано из «Атласа звездного неба» Яна Гевелия, XVII в.). Разная интенсивность цвета соответствует разным параметрам молекулярного газа. Знаменитая туманность Ориона — небольшая часть ГМО, разогретая излучением молодых звезд.



Изменение поверхностной плотности [массы, приходящейся на единицу площади галактического диска] σ молекулярного (H_2), атомарного (HI) и ионизованного (HII) водорода в зависимости от расстояния R до центра Галактики. В центре σ достигает значения $300 M_\odot/\text{кп}^2$.

ды — $2,5 \cdot 10^9 M_\odot$. Этот район Галактики выделяется и в других отношениях: в нем содержится наибольшее количество пульсаров и остатков сверхновых, отсюда исходит самое сильное нетепловое радиоизлучение, значительно повышена здесь и концентрация областей ионизованного водорода (областей HII), а также ассоциаций молодых звезд. Разумеется, такое совпадение не случайно: в облаках молекулярного газа создаются условия для рождения звезд, а соседство молодых горячих звезд и плотного газа, в свою очередь, приводит к образованию ярких ионизованных туманностей.

Из области молекулярного кольца к нам приходит повышенный поток γ -излучения. Относительно его происхождения единого мнения пока нет. Ясно лишь, что это излучение возникает при взаимодействии быстрых заряженных частиц с плотным межзвездным газом. Но что является источником таких частиц — взрывы сверхновых или турбулентные движения пронизанной магнитным полем межзвездной среды? На этот вопрос трудно ответить однозначно, поскольку в молекулярном кольце присутствует и то, и другое.

За пределами молекулярного кольца ($R > 7$ кпк) также наблюдаются крупные облака молекулярного газа, но в этой области атомарный водород уже превалирует над молекулярным. С удалением от центра Галактики толщина газового слоя увеличивается, гравитационное влияние галактической плоскости становится менее заметным и газовые облака получают возможность отходить от нее все дальше и дальше. Чем выше скорость хаотического движения объектов (газовых облаков, звезд, скоплений), тем

Характеристики гигантских молекулярных облаков

Масса, $M_\odot$	$5 \cdot 10^4 - 5 \cdot 10^5$
Радиус, кпк	10—50
Средняя концентрация молекул H_2 , см^{-3}	$10^2 - 10^3$
Температура, К	3—30
Характерная скорость турбулентных потоков внутри облака, км/с	2—17
Ослабление света, раз	$10^4 - 10^{16}$
Индукция магнитного поля, Гс	$2 \cdot 10^{-5} - 10^{-4}$

больше толщина образуемого ими диска. Массивные газовые облака — самая спокойная популяция Галактики, скорость их хаотического движения всего около 10 км/с. Поэтому молекулярный газ наиболее плотно прижат к галактической плоскости, и хотя на долю межзвездного вещества приходится только 3—4 % массы Галактики, вблизи этой плоскости плотность газа не уступает плотности звезд. Например, в окрестности Солнца $\rho_{\text{газ}} = \rho_{\text{зв}} = 0,05 M_\odot/\text{кп}^3$. Правда, часть звезд может оставаться невидимой для астрономов — это остывшие белые карлики, нейтронные звезды, черные дыры, звезды с очень малой массой.

Полную плотность вещества в окрестности Солнца оценивают по его гравитационному влиянию на движение звезд. С учетом различных неопределенностей полная плотность в окосолнечном пространстве составляет от 0,14 до 0,24 $M_\odot/\text{кп}^3$. Значит, в этом районе в межзвездной среде сосредоточено по крайней мере 20—35 % вещества, и с ней нужно считаться как с серьезным источником гравитации.

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ГМО

Итак, в гигантских молекулярных облаках содержится 90 % молекул Галактики. Чтобы понять, какой эффект произвело на астрономов открытие ГМО, нужно вспомнить, что они знали о структуре межзвездной среды до 1975 г.

Было известно, что газ в межзвездном пространстве пребывает в нескольких характерных физических состояниях. Чрезвычайно разреженный и очень горячий «корональный» газ ($T \sim 10^6$ К, $n \sim 10^{-3} \text{ см}^{-3}$) заполняет почти всю Галактику и в виде отдельных каверн или взаимосвязанных туннелей пронизывает даже ее плотный и относительно холодный газовый диск. Однако полная масса коронального газа невелика. Менее горячий, но более плотный ионизованный газ ($T \sim 10^4$ К,

$n \sim 0,1-10 \text{ см}^{-3}$) окружает горячие звезды и наблюдается в виде ярких эмиссионных туманностей (областей HII). Нейтральный водород (область HI) делится на плотные холодные облака ($T \sim 100 \text{ K}$, $n \sim 20 \text{ см}^{-3}$) и теплую межоблачную среду ($T \sim 8000 \text{ K}$, $n \sim 0,2 \text{ см}^{-3}$). Основная часть нейтрального водорода собрана в облака с массой менее $10^5 M_{\odot}$ и радиусом не более 8 пк.

Легко заметить, что в каждом из трех компонентов, несмотря на большую разницу температур и плотностей, давление газа примерно одинаково: $P \sim nT$. Значит, они пребывают в равновесии друг с другом — от расширения их удерживают не силы гравитации, а внешнее давление. (Правда, в некоторых областях ионизованного водорода внутреннее давление значительно больше внешнего и они расширяются. Это очень молодые области, возникшие там, где массивные горячие звезды нагрели окружающий плотный газ.)

Формально давление газа в гигантских молекулярных облаках близко к давлению межзвездного газа, так что может показаться, что и ГМО находятся в равновесии с окружающей средой. Но это не так. Внутри ГМО наблюдаются бурные сверхзвуковые потоки газа, движущиеся со скоростью 2—10 км/с (скорость звука при $T=10 \text{ K}$ всего 0,2 км/с). Динамическое давление потоков значительно превышает тепловое давление

газа. Окружающая среда не способна была бы помешать расширению облака, и за несколько миллионов лет оно разлетелось бы, если бы не силы притяжения, удерживающие его в равновесии. В этом смысле ГМО уникальны: нам неизвестны другие объекты, в которых гравитационные силы уравновешены крупномасштабным хаотическим движением вещества. Правда, в некоторых случаях заметное противодействие гравитации оказывают также собственное вращение облаков и давление магнитного поля, которое в них сильнее, чем в окружающем пространстве.

Выше уже говорилось, что источником крупномасштабных потоков в ГМО могут быть как столкновения облаков, так и активность рождающихся в них звезд. К примеру, энергии формирующихся и молодых звезд в принципе достаточно, чтобы поддерживать хаотические движения газа в облаке десятки миллионов лет.

Столкновения облаков должны приводить к их слипанию, объединению в конгломерат. Благодаря такому процессу (коагуляции) масса облаков постоянно растет. Конкурирует с этим гибель наиболее массивных облаков в ходе звездообразования.

Вообще говоря, картина формирования гигантских молекулярных облаков еще не до конца ясна. Существуют две популяции ГМО: сравнительно небольшие холод-

Таблица

Различные типы равновесия объектов во Вселенной

Объекты	Противодействующие факторы		Причина нарушения равновесия	Время жизни, лет
Двойные звезды, планетные системы, спиральные галактики	гравитация	вращение	излучение гравитационных волн, диссипация	10^9-10^{16}
Обычные звезды	гравитация	газовое давление	выгорание термоядерного топлива	10^6-10^{12}
Белые карлики, нейтронные звезды	гравитация	силы, обусловленные квантовыми эффектами	—	практически бесконечно
Планеты	гравитация	силы Ван-дер-Ваальса	—	практически бесконечно
Звездные скопления, эллиптические галактики	гравитация	хаотическое движение звезд	диссипация	10^8-10^{12} (скопления) $10^{13}-10^{15}$ (галактики)
Облака атомарного водорода (области HI)	гравитация, внешнее давление	внутреннее газовое давление, вращение, магнитное поле	коагуляция	10^7
Гигантские молекулярные облака	гравитация, внешнее давление	сверхзвуковые крупномасштабные турбулентные потоки	диссипация	10^7

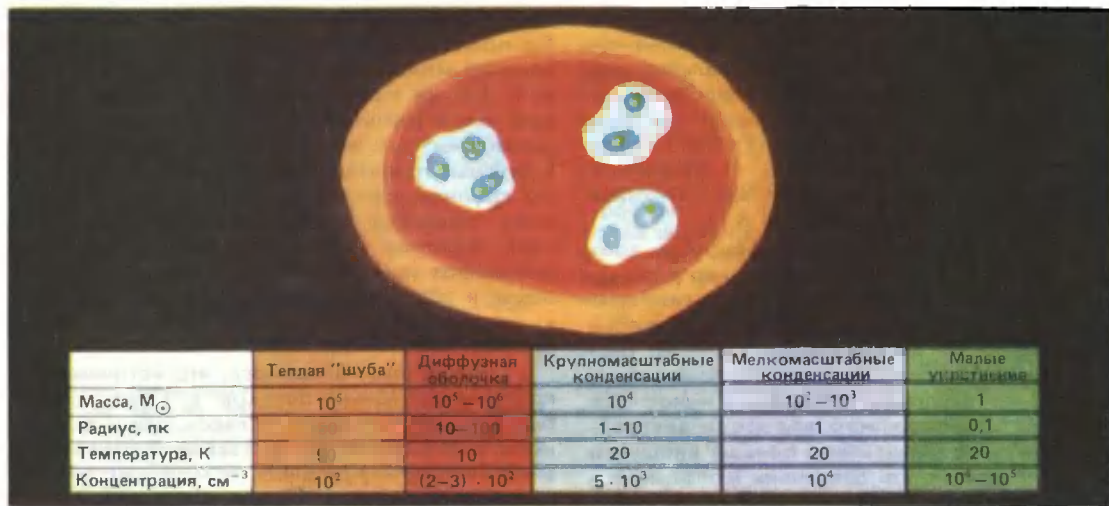


Схема строения гигантского молекулярного облака.

ные облака ($T \sim 3-5$ К), почти равномерно заполняющие галактический диск, и массивные «теплые» облака ($T > 5$ К), сконцентрированные в спиральных рукавах и тесно связанные с очагами звездообразования. Поскольку скорость вращения спирального узора Галактики в области молекулярного кольца меньше орбитальной скорости материальных частиц, звезды и газовые облака не находятся постоянно в определенных спиральных рукавах, а, опережая, проходят сквозь один из них и движутся к следующему. Значит, одни и те же объемы газа попеременно пребывают в виде то холодных, то теплых молекулярных облаков, иногда проходя даже через более горячие состояния и испытывая резкие метаморфозы на границах спиральных рукавов.

Многие исследователи полагают, что причина превращения небольших холодных ГМО в массивные «теплые» — уплотнение газа в спиральных рукавах, приводящее к увеличению частоты столкновений облаков и коагуляции, возбуждению звездообразования. А причина обратного превращения при выходе из рукавов — сам процесс звездообразования, в результате которого возрастает выделение энергии в недрах облака (излучение и звездный ветер массивных звезд, взрывы сверхновых). Это ведет к частичному или полному разрушению облака и прекращению звездообразования.

В течение всей жизни ГМО в них происходит химическая эволюция вещества. Сначала из простых элементов довольно быстро

образуются примитивные молекулы из 2—4 атомов (к примеру, H_2 , CO , OH , NH_3 , H_2CO). Молекулы водорода образуются в основном на поверхности межзвездных пылинок, служащих как бы катализаторами этого процесса (образование молекул H_2 при прямых столкновениях атомов водорода маловероятно). Другие молекулы рождаются в ходе реакций в газе, наиболее быстро идут реакции с участием ионизированных атомов и молекул, так как эффективность взаимодействия между заряженной и нейтральной частицами в среднем на 4 порядка выше, чем между нейтральными. Для возникновения сложных молекул, включающих 8—9 атомов, требуются десятки миллионов лет, что сравнимо со временем существования облака. Поэтому процесс возникновения все более и более сложных молекул может служить своеобразными «химическими часами», отсчитывающими время жизни ГМО. Если в облаке наблюдаются радиолинии молекул разной сложности, в рамках существующих моделей химических процессов в межзвездной среде, в принципе, можно оценить его возраст.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГМО С ДРУГИМИ ОБЪЕКТАМИ ГАЛАКТИКИ

Молодые звезды и звездные скопления связаны с молекулярными облаками генетически — большинство звезд рождается внутри ГМО. С остальными объектами галактического диска ГМО взаимодействуют гравитационно, вызывая вполне заметные эффекты и оказывая серьезное влияние на эволюцию Галактики. Последнее обстоятельство явилось довольно неожиданным, по-

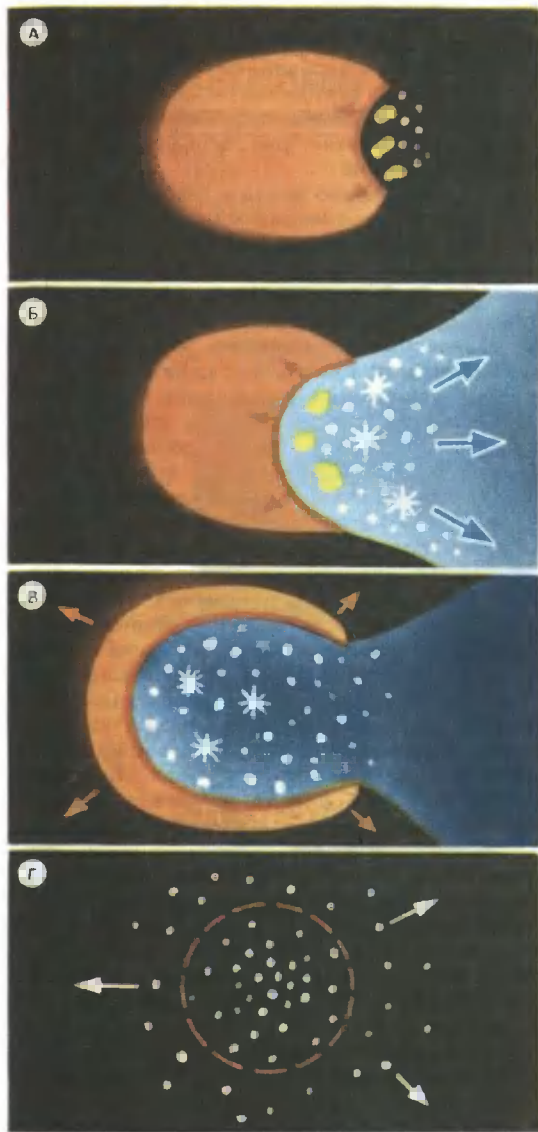


Схема последовательных стадий процесса звездообразования: А — волна уплотнения на краю ГМО (красная полоса), возникшая из-за близкого взрыва сверхновой, распространяется в глубь молекулярного облака; Б — за фронтом этой волны газ делится на фрагменты — протозвезды (показаны желтым цветом), которые затем становятся либо нормальными звездами (белые точки), либо активными горячими гигантами или сверхновыми (белые звездочки); активные звезды нагревают и ионизуют окружающий газ, создавая расширяющуюся область HII (показана голубым); В — со временем активные звезды вообще разрушают ГМО, большая часть которого превращается в расширяющуюся оболочку HI из нейтрального водорода (показана оранжевым); Г — из молодых звезд формируется гравитационно связанное скопление или несвязанная ассоциация.

сколько астрономы никогда всерьез не задумывались о гравитационном влиянии на звезды такой вроде бы эфемерной субстанции, как межзвездное вещество.

Флуктуации гравитационного поля в галактическом диске, возникающие вокруг ГМО, вызывают «перемешивание» различных звездных групп и увеличивают хаос в движении звезд. Астрономам давно известно: чем больше возраст звезд, тем хаотичнее они движутся. Молодые звезды (возрастом менее 10^8 лет) летят по почти круговым орбитам в экваториальной плоскости Галактики, а старые звезды галактического диска имеют вытянутые эллиптические орбиты, заметно наклоненные к галактической плоскости. Но причина нарастающего хаоса в движении звезд была неясна, пока не обнаружилось, что ГМО своим притяжением возмущают их полет.

Не менее интересно и обратное влияние звезд на движение ГМО. Обладая наименьшими скоростями хаотического движения, популяция молекулярных облаков опережает все остальные популяции Галактики в орбитальном вращении. Следовательно, большая часть звезд галактического диска и почти все звезды галактического гало движутся навстречу облакам. Их гравитационное взаимодействие приводит к любопытному эффекту, названному динамическим трением. Пролетая мимо облака или сквозь него, звезды отклоняются силой тяготения к его центру, и в результате за ним формируется зона повышенной концентрации звезд. Ее-то притяжение и тормозит движение облака, стремясь уравнять его скорость со средней скоростью звезд. В итоге облако медленно падает на центр Галактики.

Расчеты показывают, что к нынешнему времени на галактическое ядро должны были упасть все облака массой более $10^6 M_{\odot}$ из области радиусом 3 кпк. Любопытно, что как раз такой радиус имеет внутренняя граница молекулярного облачного кольца. Правда, отдельные облака не живут миллиарды лет, как Галактика. Но в данном случае это не важно, так как почти весь молекулярный газ постоянно находится в массивных облаках, а в каком облаке конкретно, не имеет значения. Вся популяция облаков внутри кольца испытывает сильное сопротивление вращению и дрейфует к центру Галактики. Вероятно, вблизи галактического ядра приливные возмущения разрушают отдельные ГМО, и из них формируется центральный газовый диск. Лишь наиболее плотные (10^1 — 10^5 см $^{-3}$) части ГМО способны сохранить там свою индивидуальность; возмож-

но, из них формируются такие гигантские «фабрики молекул», как Стрелец B2.

Хотя ГМО не выдерживают приливного влияния плотного галактического ядра, вдали от него они сами определяют плотность вещества. Большинство галактических объектов объединено в различные системы. Астероиды, кометы, планеты и их спутники образуют планетные системы с центральной звездой; звезды собраны в двойные (60—80 %), тройные (10—15 %) и более сложные системы, существуют агрегаты из сотен, тысяч и даже миллионов звезд (звездные ассоциации, рассеянные и шаровые скопления). Чтобы система гравитирующих тел была устойчивой, ее параметры должны удовлетворять определенным условиям. Одно из них — условие приливной устойчивости: средняя плотность системы должна в 3—4 раза превышать плотность окружающего вещества. Внутри орбиты Солнца средняя плотность невелика ($\sim 0,05 M_{\odot}/\text{пк}^3$), и в отсутствие других массивных объектов здесь можно считать устойчивыми звездные скопления с плотностью более $0,2 M_{\odot}/\text{пк}^3$. Для устойчивости двойных звезд и планетных систем должно выполняться чуть более жесткое условие, так как на их эволюцию заметно влияют сближения с другими звездами. Но и с учетом этого размеры планетных систем и расстояния между двойными звездами ограничены величиной $\sim 0,5$ пк. Однако столь широких звездных пар не найдено, да и размер нашей планетной системы — диаметр кометного облака Оорта, — судя по некоторым данным, раз в десять меньше. Как теперь выяснилось, ответственны за это все те же ГМО.

Примерно раз в 10^8 лет каждый объект галактического диска сближается с молекулярным облаком или пролетает сквозь него. А поскольку средняя плотность вещества в ГМО довольно высока ($10\text{—}20 M_{\odot}/\text{пк}^3$), менее плотные системы подвергаются приливному разрушению или по крайней мере теряют свои наименее плотные части. Вероятно, поэтому в Галактике очень немного звездных скоплений старше $5 \cdot 10^8$ лет, все они отличаются высокой плотностью и расположены в основном вне областей, населенных ГМО. Таким образом, с одной стороны, ГМО играют роль центров образования звезд и звездных агрегатов, а с другой — способствуют быстрому разрушению наиболее рыхлых из них. Не исключено, что и самые стойкие звездные скопления — шаровые — испытывают на себе разрушительное

влияние ГМО. Анализ орбит шаровых скоплений указывает, что они обходят стороной области, богато населенные ГМО². Хотя массы и размеры скоплений и ГМО сравнимы, последние берут числом — в нашей Галактике их в десятки раз больше, чем шаровых скоплений.

Образование звезд в ГМО мы не уделим много места — разумеется, не потому, что оно играет второстепенную роль. Как раз напротив, в современной Вселенной это главный физический процесс. Но он очень сложен, труднонаблюдаем и не поддается детальному моделированию. Звезды в Галактике рождаются часто, в среднем несколько в год. К сожалению, происходит это в глубине молекулярных облаков и, как правило, вдали от Солнца. Поэтому детальной картины звездообразования до сих пор нет.

Процесс рождения звезды растянут на сотни тысяч лет³. Начинается он с уплотнения небольшой части газа в ГМО. В недрах облака это уплотнение может происходить при столкновении турбулентных потоков, а на его поверхности — при столкновении с другим облаком или расширяющейся оболочкой сверхновой звезды. Дальнейшее сжатие газа происходит под действием гравитации, чему препятствует ускоряющее при сжатии вращение сгустка и возрастающее давление его магнитного поля. Впрочем, магнитное поле иногда помогает сжатию: «цепляясь» силовыми магнитными линиями за облако в целом, сжимающийся сгусток тормозится. Но поскольку при сжатии газ становится все более непрозрачным для падающего снаружи ультрафиолетового излучения и космических лучей, степень ионизации вещества уменьшается, затухают электрические токи, исчезает магнитное поле. Предоставленный самому себе, газовый фрагмент сжимается до тех пор, пока центробежная сила не уравнивает гравитацию. Затем сжатие продолжается лишь вдоль оси вращения, и фрагмент начинает распадаться на отдельные сгустки-протозвезды. Их дальнейшая эволюция и превращение в нормальные звезды — предмет особых исследований и отдельного рассказа, который может стать продолжением этого.

² Сурдин В. Г. // *Астроном. циркуляр.* 1986. № 1434. С. 1—2.

³ Сурдин В. Г. *Формирование звездных агрегатов в молекулярных облаках* // *Звездные скопления.* Свердловск, 1987. С. 89—96.

Т. Ю. Смирнова
А. А. Никонов

Лишайники — хронометр сейсмических катастроф



Татьяна Юрьевна Смирнова, кандидат географических наук, младший научный сотрудник Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР. Занимается палеосейсмологией, разрабатывая и применяя методы геоботанической индикации для оценки времени проявления древних землетрясений.



Андрей Алексеевич Никонов, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник того же института. Специалист в области движений земной коры и сейсмотектоники. Автор многих работ по этим проблемам, в том числе монографий: Голоценовые и современные движения земной коры. М., 1977; Сейсмотектоника и землетрясения в зоне Памира и Тянь-Шаня (в соавторстве с А. В. Ваковым и И. А. Веселовым). М., 1983. Неоднократно публиковался в «Природе».

КАК ПРАВИЛО, в сейсмоактивных районах Земли сильные землетрясения (с магнитудой более 6,5 и интенсивностью выше 8 баллов) происходят очень редко — раз в несколько сотен лет. Период же инструментальных наблюдений составляет не более 100 лет. Поэтому многие сейсмические события пока не попали в каталоги землетрясений. Характерный пример — катастрофа 7 декабря 1988 г. в северной Армении, где до этого 10-балльные толчки не регистрировались.

Между тем следы древних землетрясений, конечно, существуют. Они запечатлены в поверхностных нарушениях рельефа и горных пород, так называемых сейсмодислокациях, типичных для эпицентральных областей землетрясений. Поиски сейсмодислокаций ведутся уже десятки лет, и на их основе развивается сравнительно новое направление геологии — палеосейсмогеология, основоположником которой был иркутский геолог В. П. Солоненко¹. Однако в палеосейсмогеологических работах имеется слабое место — определение возраста сейсмодислокаций и породивших их землетрясений. А без этого оценить реальную сейсмическую опасность определенного региона почти невозможно.

Пытаются использовать разнообразные способы датирования — геоморфологический, археологический, радиоуглеродный, дендрохронологический. Но всем этим методам присущи недостатки. Первые два не дают нужной точности, радиоуглеродным можно пользоваться лишь там, где в достаточном количестве присутствует органическое вещество, а для последнего необходимы живые деревья, тогда как многие сейсмически активные горные районы безлесны.

Необходимость достаточно точно датировать разрушительные события на протя-

¹ Солоненко В. П. Шрамы на лике Земли // Природа. 1970. № 9. С. 17—25.



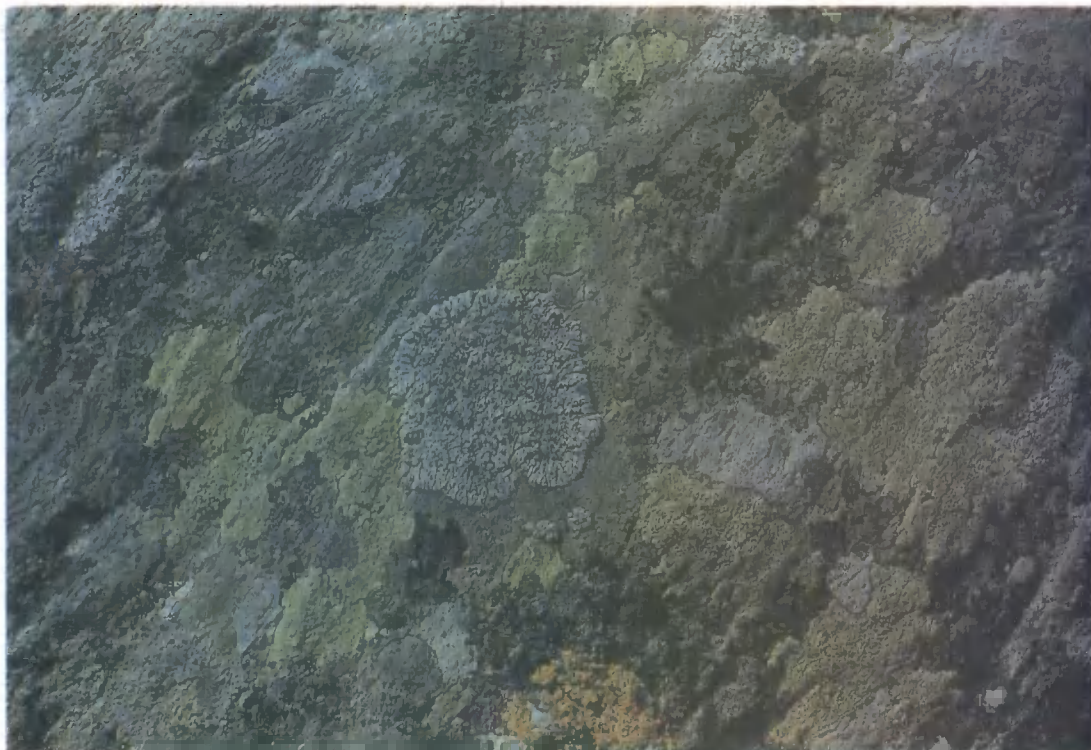
Следы древнего обвала (начало XVII в.) в районе катастрофического Хантского землетрясения.

Фото А. А. Никонова.

Стенка отрыва Хантского обвала.

Здесь и далее фото Т. Ю. Смирновой.





Скальные поверхности, покрытые лишайниками.

жении нескольких сотен лет — этот период наиболее показателен с точки зрения «текущей» сейсмичности — заставила авторов этих строк обратиться к еще одному геоботаническому методу — лихенометрическому (от лат. *lichen* — лишайник). Он разработан канадским ботаником Р. Бешелем в 1950 г. для определения возраста ледниковых отложений в Гренландии².

ЛИХЕНОМЕТРИЯ ТРАДИЦИОННАЯ И УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ

В основе метода лежит зависимость диаметра лишайника от возраста скальной поверхности, на которой он поселяется. Речь идет о группе так называемых накипных, или корковых, лишайников, которые произрастают на скальных или каменных поверхностях и имеют правильную округлую форму слоевища. Наиболее часто в лихенометрии используют вид ризокарпон географический (*Rhizocarpon geographicum*), распространенный почти во всех горных и по-

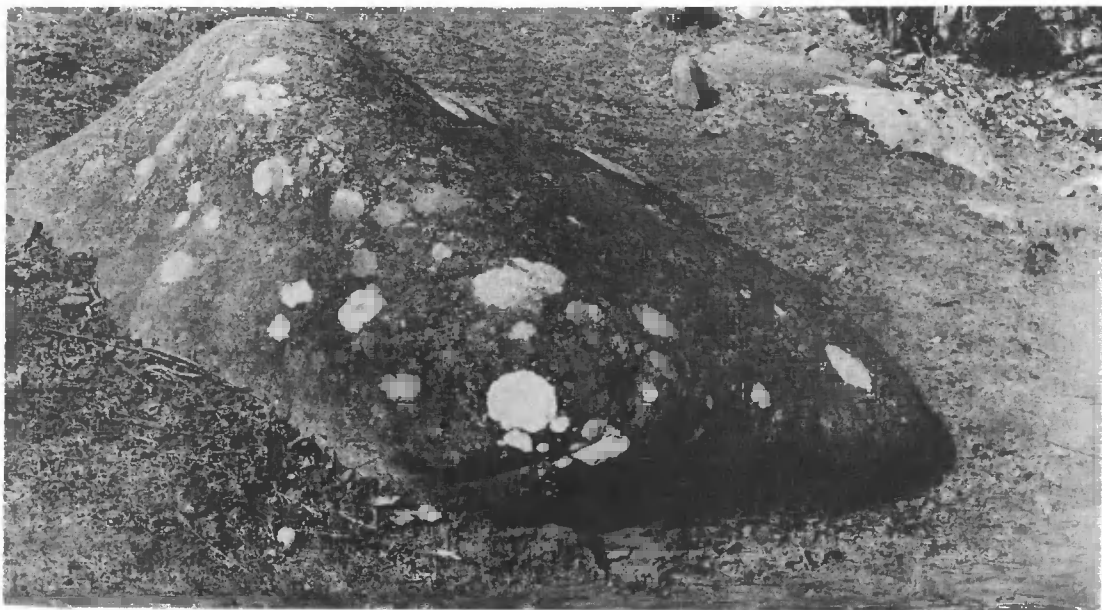
лярных районах земного шара и отличающийся большой продолжительностью жизни — порядка нескольких тысяч лет. Наряду с этим видом имеются и другие, которые вполне могут быть использованы и используются для датирования.

Предположив, что наибольшие по диаметру лишайники поселялись на каменных поверхностях вскоре после их образования, можно сопоставить возраст лишайника с возрастом поверхности, на которой он растет.

По данным измерений диаметра самого крупного лишайника на поверхностях известного возраста строят так называемую кривую роста для лишайников определенного вида. Она имеет вид, характерный для кривой роста любых живых организмов, т. е. отражает относительно быстрый рост в начале жизни и его замедление в дальнейшем. Затем с помощью этой кривой или ее математического уравнения определяют возраст недатированной поверхности, если известен диаметр наибольшего для нее лишайника. В этом простом варианте метод использован в разных, преимущественно полярных, районах Северного полушария в основном для датирования ледниковых отложений.

В нашей стране одними из первых лихенометрию применили для определения воз-

² Beschel R. E. // Z. Gletscherkunde und Glazialgeol. 1950. Bd. 1. Hft. 2. S. 152—161.



Каменная поверхность, покрытая лишайниками двух видов.

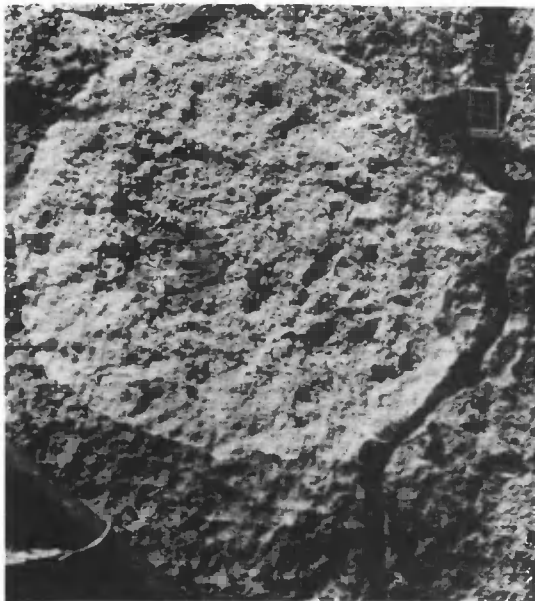
раста не только морен, но и селевых отложений в проблемной лаборатории снежных лавин и селей географического факультета Московского университета. Ею пользуются также для датирования различных форм рельефа, реконструкции климатических событий и даже определения времени сооружения различных исторических объектов. Но для датирования сейсмических событий мы были вынуждены усовершенствовать метод, чтобы повысить точность и надежность получаемых результатов.

Во-первых, кривую роста, построенную по данным измерений в определенном районе, можно использовать для датирования только в этом районе, так как рост лишайников в значительной мере подвержен влиянию климатических и, возможно, других местных факторов. Во влажном приморском климате, например, лишайники растут вдвое быстрее, чем в континентальных условиях. Во-вторых, не просто обнаружить «самый крупный лишайник». Вероятность этого тем выше, чем больше лишайников определенного вида на поверхности. Количество же лишайников, в свою очередь, зависит от площади поверхности. Кроме того, самый крупный лишайник может быть не самым старым, а просто попавшим в оптимальные для роста микроусловия: благо-

приятный субстрат, повышенная влажность воздуха и т. п. Некоторые исследователи вместо диаметра максимального лишайника используют такую характеристику, как средний диаметр наиболее крупных лишайников. Но в таком случае остается неясным, лишайники какого диаметра считать наиболее крупными. И, наконец, построить кривую роста лишайников в ряде случаев бывает трудно и даже невозможно из-за недостатка поверхностей известного возраста.

Разработанная нами методика лихенометрического датирования основана на построении статистической модели распределения диаметров лишайников, растущих на поверхности фиксированного возраста³. Модель опирается на следующие допущения: лишайники поселяются на поверхности в течение первого года после ее образования; диаметр лишайника — сумма его годовых приростов; годовой прирост лишайника с возрастом уменьшается экспоненциально; число вновь появляющихся лишайников данного вида пропорционально числу уже поселившихся. Вероятность отмирания части лишайников экспоненциально увеличивается с возрастом. Эти и другие допущения частично обоснованы теоретически спецификой размножения и роста лишайников и в целом подтверждены хорошим совпадением ре-

³ Никонов А. А., Шебалина Т. Ю. Лихенометрический метод датирования сейсмодислокаций. М.: ИФЗ АН СССР, 1986.



Один из видов округлых лишайников *Aspicilia* sp., используемых для индикации возраста скальных поверхностей.

зультатов модельных расчетов с реальными распределениями диаметров лишайников.

Модель определяется пятью параметрами: возрастом; скоростью роста; разбросом значений диаметра, одновозрастных лишайников; параметром, характеризующим замедление скорости роста; параметром, характеризующим измерение числа лишайников.

Найти параметры модели можно по результатам измерений на относительно молодой поверхности известного возраста (десяtkи лет), расположенной поблизости древней поверхности (больше 1000 лет). Если в районе исследований нет молодой поверхности известного возраста, для оценок параметров модели можно использовать значения, полученные экстраполяцией оценок для других районов.

Возраст поверхности находится из уравнения, связывающего его со средним диаметром лишайников на поверхности.

Для лихенометрического датирования необходимо выбрать лишайники определенного вида — индикатора возраста поверхности. Ими могут быть лишайники, широко распространенные в районе исследований, округлой формы, удобной для измерений, с отличительными морфологическими чертами и достаточно большой продолжительностью жизни, т. е. лишайники должны

встречаться как на молодых, так и на древних поверхностях. В горах Средней Азии, где мы работали на протяжении 10 лет, к таким видам относятся леканора настенная (*Lecanora muralis*) и один из видов рода *Aspicilia*, которые обычно поселяются на скалах через несколько лет после образования каменной поверхности.

Как показал опыт, достаточно учитывать результаты измерений размеров лишайников, начиная с диаметра, приблизительно равного одной трети диаметра максимального для данной совокупности. Его можно определить визуально при предварительном обследовании поверхности.

Для определения параметров модели с точностью, обеспечивающей относительную ошибку датировок около 10 %, достаточно измерить 100—200 экземпляров лишайников на сравнительно молодых объектах известного возраста и 200—300 — на древних. На сравнительно молодых объектах, возраст которых подлежит определению, хватает измерений 50—100 лишайников, на более древних — 100—300. Составленная программа определения возраста исследуемых объектов позволяет с помощью ЭВМ оценить возраст и найти границы доверительного интервала этой оценки, а также ожидаемое значение максимального диаметра, строить теоретическую и фактическую гистограммы диаметров и сравнивать их.

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Усовершенствованная методика разрабатывалась и использовалась нами в городах Средней Азии, главным образом в пределах Таджикистана. И задача здесь стояла весьма специфическая. Как известно, Памир и Тянь-Шань — области проявления весьма сильных и опасных землетрясений. Достаточно вспомнить катастрофические события 1907, 1934, 1941, 1949 гг. Они унесли около 20 тыс. человеческих жизней и причинили огромный материальный ущерб. Землетрясения, как и селевые потоки, здесь относят к наиболее опасным природным явлениям.

На первом этапе естественно было изучить сейсмодислокации, возникшие при известных сильнейших землетрясениях XX в., тем более что они здесь весьма выразительны. Наиболее подробными и результативными можно считать работы в эпицентральных областях таких известных разрушительных землетрясений, как Каратагское 1907 г. и Хаитское 1949 г.

Хаитское землетрясение силой до 10 баллов известно тем, что породило крупный



Древние ледниковые отложения с лишайниками.

каменный обвал-поток, сорвавшийся с горного хребта и в конце своего семикилометрового пути заваливший большую часть одноименного кишлака. Не столь известны более скромные по размерам, но весьма многочисленные нарушения рельефа, возникшие при этом, — обвалы, камнепады, трещины в крупных глыбах, рвы. Их исследование началось только в 60-х годах⁴, а систематические работы — лишь спустя 30 лет после землетрясения.

Оказалось, что видимых следов в эпицентральной зоне землетрясения немало. Но какие из них порождены землетрясением 1949 г., а какие более древними? От ответа на этот вопрос зависело определение размера и формы эпицентральной области землетрясения 1949 г., а значит, и решение некоторых спорных вопросов о положении очага землетрясения, его механизме, соотношении с тектонической структурой. И, конечно, принципиально важно было выяснить, сколь древними являются следы ранних разрушительных землетрясений в районе, а следовательно, сколь обоснованны опасения не-

которых сейсмологов, ожидавших здесь в скором времени очередное сильное землетрясение.

Поскольку другого способа различать разновозрастные образования с точностью до десятков и даже нескольких лет нет, мы при определении возраста сейсмодислокаций в районе Хаитского землетрясения применяли лихенометрический. С его помощью удалось выяснить истинное распространение и ориентацию трещин и рвов, образовавшихся при землетрясениях 1949 г. и более ранних (1610—1770 гг.), а также узнать о сейсмической катастрофе, случившейся до 1300 г. Результаты наших исследований дополнили представления о глубинных процессах и их поверхностных проявлениях в очаговой зоне этого сейсмического события⁵.

Были изучены эпицентральные области и ряда других известных разрушительных землетрясений, где с помощью лихенометрии установлено время более древних сейсмических событий. Однако провести лихенометрический анализ в эпицентральной зоне Сарезского землетрясения 1911 г. на Восточном Памире не удалось — на этом участке, как, по-видимому, и на всем Восточном Памире с его чрезвычайно засушливым

⁴ Леонов Н. Н. // Известия АН СССР. Сер. геофиз. 1960. № 3. С. 409—424.

⁵ Никонов А. А., Шебалина Т. Ю. // Доклады АН СССР. 1978. Т. 242. № 4. С. 808—811.

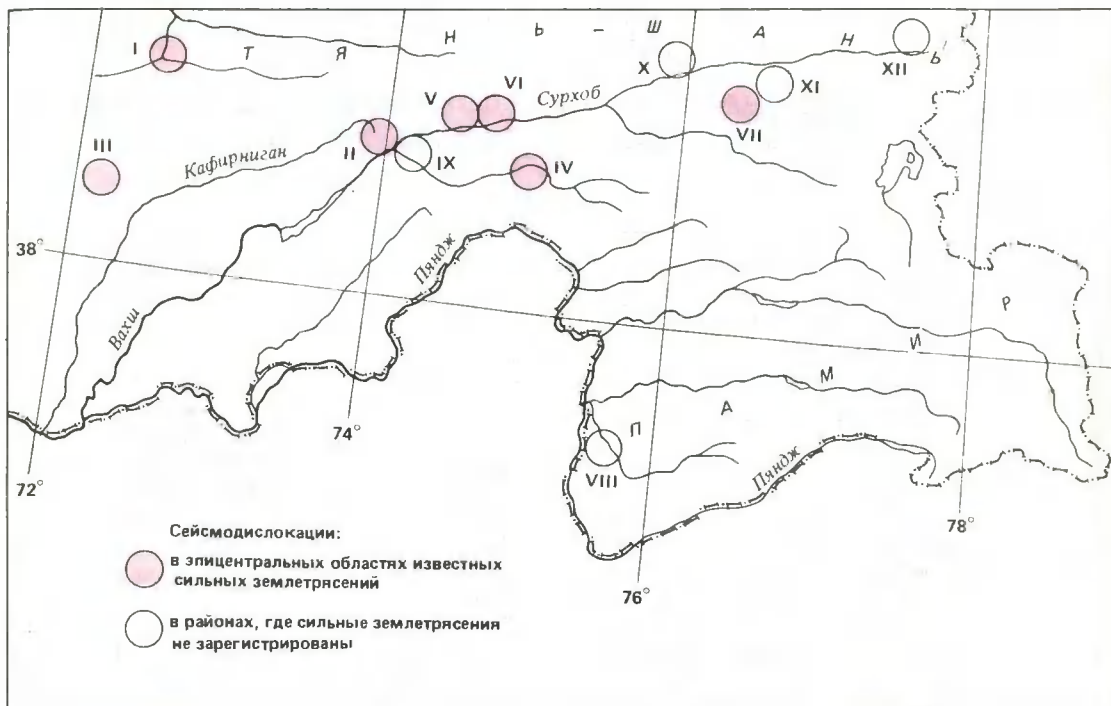


Схема расположения датированных лихенометрическим методом сейсмодислокаций на юге Средней Азии в эпицентральных областях известных землетрясений: I — Гиссарского 1863 г. [время проявления древних землетрясений — 1560—1680 гг., до 1470 г.]; II — Каратегинского 1895 г. [1680—1775 гг., до 1300 г.]; III — Каратагских 1907 г. [1680—1760 гг.]; IV — Аргангульских 1934—1935 гг. [1550—1760 гг., до 1400 г.]; V — Гармского 1941 г. [до 1300 г.]; VI — Хантского 1949 г. [1610—1770 гг., до 1300 г.]; VII — Алайского 1978 г. [1650—1765 гг.]; в районах, где сильные землетрясения не зарегистрированы: VIII — в долине р. Гармчашма [1780—1850 гг., 1620—1720 гг., 1450—1610 гг., до 1300 г.]; IX — в западной части хребта Петра Первого [1850—1900 гг., 1630—1800 гг., до 1400 г.]; X — на южном склоне Алайского хребта [1805—1860 гг., 1500—1650 гг., до 1100 г.]; XI — в западной части Заалайского хребта [1830—1885 гг., 1490—1660 гг.]; XII — в восточной части Алайского хребта [1780—1850 гг., 1620—1770 гг., 1470—1620 гг.].

зис сейсмогенных нарушений, их внутренние связи, последовательность и интервалы их возникновения. Так, в долине р. Гармчашма на Западном Памире был обнаружен крупный комплекс сейсмодислокаций, с помощью которого можно выявить эпицентральные области нескольких сильнейших землетрясений, происходивших в XII—XIX вв. четырежды.

Полученные в этом и ряде других районов Средней Азии данные о древних разрушительных землетрясениях позволяют реалистичнее, чем ранее, судить о сейсмической опасности этого региона. Землетрясения с магнитудой 6,5 и выше, по нашим подсчетам, происходят здесь не чаще одного раза в 200 лет.

климатом, отсутствуют пригодные для измерений виды лишайников.

Кроме эпицентральных областей разрушительных землетрясений известного возраста мы исследовали ряд других участков на юге Средней Азии с сейсмодислокациями, указывающими на распространение крупных землетрясений, там, где они за последние 80—100 лет не возникали. Тут перед нами встала задача другого рода и не менее трудная: определить всеми доступными методами, с опорой на лихенометрический, гене-

Будучи энтузиастами лихенометрического датирования событий недавнего прошлого, мы не считаем его универсальным. Как и любой другой метод датирования, он не станет волшебной палочкой, с помощью которой будет выстроена полная хронология природных процессов за последние тысячелетия. Но нет сомнения, что, если метод будет совершенствоваться и использоваться шире наряду с другими, мы придем к лучшему пониманию закономерностей развития разнообразных природных событий.

Центральный научно-исследовательский институт технологии судостроения НПО «РИТМ»

ИМЕЕТ МНОГОЛЕТНИЙ ОПЫТ СОЗДАНИЯ И ПОСТА- НОВКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКО- ГО ОБОРУДОВАНИЯ:

для очистки, грунтовки, термической резки, разметки, механообработки и маркировки листового, профильного и трубного металлопроката;

для сборки и сварки конструкций из основных видов металлических материалов, станков для резки и гибки труб;

переносных аппаратов для механической обработки крупногабаритных конструкций и энергетического оборудования;

устройств для механообработки, сборки и сварки трубных систем;

пневно-электро- и гидроинструмента для механической обработки, сборки и монтажа;

высоконапорных переносных насосов;

цехового подъемно-транспортного оборудования;

установок и аппаратов для лакокрасочного и пластмассового производств;

систем гидро-, пневмо- и электропривода и электроавтоматики;

приборов и средств технологического контроля и измерений.

По требованию заказчика оборудование снабжается ручным, полуавтоматическим или автоматическим (в том числе программным) управлением. На базе перечисленного нестандартного оборудования разработаны и внедрены организационно-технические проекты комплексной механизации и автоматизации, высокопроизводительные линии и участки, включая ГАЛ и ГАУ.

ПРЕДЛАГАЕТ ПО ЭТИМ НАПРАВЛЕНИЯМ И ВИДАМ ОБОРУДОВАНИЯ:

готовые комплекты конструкторской, технологической, программной и нормативно-технической документации;

разработку принципиальной технологии, оргтехпроектов; изготовление наиболее сложных изделий;

авторский надзор при освоении разработанных изделий и технологий;

консультативную помощь в области технологии, проектирования, организационно-технических вопросов разработки, маркетинга, экономики, размещения заказов и постановки на производство.

Адрес: 198217, г. Ленинград, ул. Промышленная, 7, тел 186-28-55, Главный конструктор объединения М. И. Клестов.

М. А. Федонкин

Загадки вендской фауны



Михаил Александрович Федонкин, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории палеонтологии докембрия Палеонтологического института АН СССР. Область научных интересов — ранняя эволюция органического мира, происхождение основных групп беспозвоночных, палеоихнология. Автор нескольких монографий по палеозоологии и био-стратиграфии венда и кембрия. В «Природе» опубликовал статьи: Крупнейшее местонахождение докембрийской фауны (1981, № 5), Ископаемые следы (1987, № 8).

НЕМНОГО ИСТОРИИ

Общеизвестно, что для обоснования своей теории происхождения видов Ч. Дарвин широко использовал палеонтологические данные. Однако именно палеонтология преподнесла загадку, которая поставила его в тупик и даже поколебала его уверенность в правоте развиваемых идей.

В главе X его знаменитого труда «Происхождение видов» есть раздел «О внезапном появлении групп родственных видов в самых нижних из известных нам слоев, содержащих ископаемые», где автор указывает на весьма серьезное затруднение, вытекающее из данных палеонтологии: «... все виды, принадлежащие к различным главным отделам животного царства, внезапно появляются в самых нижних из известных нам пород с ископаемыми остатками». (Речь идет об отложениях кембрия с нижней границей в 570 млн лет — М. Ф.)

Далее Дарвин пишет: «... если эта теория (теория происхождения видов. — М. Ф.) верна, не может быть сомнения в том, что прежде чем отложился самый древний кембрийский слой, прошли длительные периоды, столь же продолжительные или, вероятно, еще более продолжительные, чем весь промежуток времени между кембрийским периодом и нашими днями, и что в продолжение этих огромных периодов мир изобиловал живыми существами... На вопрос, почему мы не находим богатых ископаемыми отложений, относящихся к этим предполагаемым древним периодам, предшествовавшим кембрийской системе, я не могу дать удовлетворительного ответа».

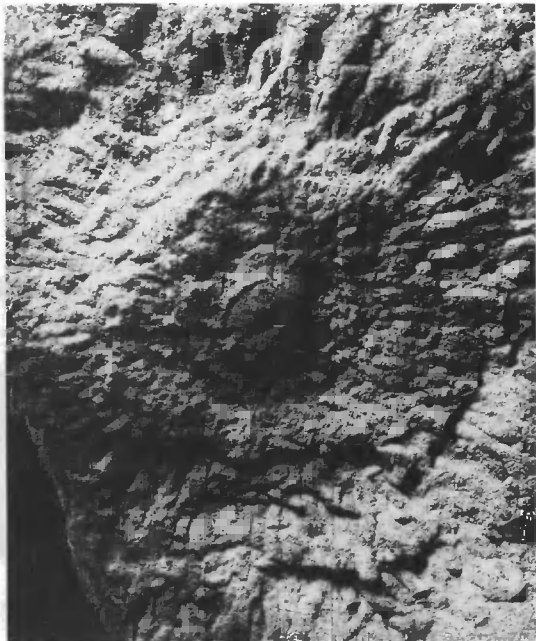
Гипотезы о том, что самые древние слои были полностью разрушены или что сами окаменелости были совершенно уничтожены метаморфизмом, Дарвин справедливо считал маловероятными. Внезапное появление разнообразных и многочисленных животных в начале кембрия он рассматривал как сильный аргумент против защищаемых им взглядов. Пытаясь найти выход, Дар-



Животный мир венда — царство кишечнополостных: 1 — *Inaria*, 2 — *Dickinsonia*, 3 — *Rangea*, 4 — *Erniella*,



5 — Skinnera, 6 — Cyclomedusa, 7 — Charniodiscus, 8 — Eoporpita, 9 — Vendia.



Представители класса *Cyclozoa*: фрагмент отпечатка крупного зонтика *Cyclomedusa plana* (слева, умн. в 2 раза); отпечаток верхней, оральной стороны *Eoporpita medusa* (умн. в 1,4 раза).

вин предлагает свою версию: «В период, задолго предшествующий кембрийской эпохе, континенты могли существовать там, где ныне расстилаются океаны, и открытые океаны могли существовать там, где ныне находятся наши континенты»¹. Иначе говоря, в докембрии на больших территориях вовсе не накапливались морские осадки.

Но, возможно, и эта гипотеза не казалась Дарвину надежной, поскольку он благосклонно воспринял тезис Ч. Лайеля о неполноте геологической летописи, высказанный в метафорической форме: геологическая летопись — это история мира, написанная на изменявшемся языке; из нее сохранился лишь последний том, в нем — неполная краткая глава, где на каждой странице уцелело лишь несколько строк. Каждое слово медленно менявшегося языка представляет собой формы жизни.

Действительно, палеонтологи сталкиваются с потерей информации на всех стадиях изучения древних отложений: это и перерывы в накоплении осадков, и размыв отложений, и разнообразные процессы, происходившие с животными после их гибели. Такая потеря информации всегда накладыва-

ет ограничения и на методы исследований, и на достоверность результатов.

Тем не менее, успехи палеонтологии в последующие десятилетия показали, что мнение о неполноте геологической летописи несколько преувеличено. Вернее, мы сейчас более четко представляем себе, где и как терялась информация и в какой мере эти пробелы можно восполнить.

В свое время отсутствие окаменелостей ниже кембрийских пластов обескураживало специалистов и породило множество гипотез, которые сейчас имеют, пожалуй, лишь исторический интерес. В действительности, докембрийские животные существовали, и их было много. В 1908 и в 1914 гг. открыли первые местонахождения докембрийской фауны в Намибии, а в 40-х годах — в Южной Австралии. Из-за долго бытовавшего представления, будто ниже кембрия остатков животных нет, а также из-за несовершенства стратиграфического метода, возраст этих первых, поистине бесценных находок был определен неверно — их считали кембрийскими.

Первым отнес этих необычных животных к докембрию австралийский палеонтолог М. Глесснер, который по праву считается одним из пионеров в изучении докембрийской фауны². Это заключение позже полностью подтвердилось исследованиями раз-

¹ Дарвин Ч. Происхождение видов. М., Л., 1937. С. 496—501.



Представители класса Inordozoa: отпечаток нижней, абсоральной стороны зонтика *Hiemalora stellaris* (слева); отпечаток *Evmiakia aksionovi* (овальные тела вокруг центрального диска — репродуктивные органы). Виды описаны автором.

резов венда и кембрия на Русской и Сибирской платформах, где в 70-х и 80-х годах были открыты местонахождения докембрийской фауны, имеющие мировое значение не только по богатству представителей, но и потому, что здесь было установлено их точное положение в общей стратиграфической шкале².

Хотя количество новых находок докембрийской фауны из года в год возрастает, они все еще носят характер сенсаций. Но тогда, 40 лет назад, эдиакарская фауна (названная по местечку Эдиакара в Южной Австралии) воспринималась как уникальная. Представление о ее уникальности объяснялось не только редкостью находок, но и отсутствием у докембрийских животных твердых минерализованных покровов. Для их сохранности требовались особые условия. Сейчас стало очевидным, что эти условия — феномен не столько пространства, сколько времени, неповторимое сочетание биотических и абиотических факторов, характер-

ное для позднего докембрия. Но прежде несколько слов о географическом и стратиграфическом распределении остатков вендских животных.

ВЕНДСКАЯ ФАУНА В ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ

Эпоха крупнейшего в истории Земли лапландского оледенения, завершившегося приблизительно 650 млн лет назад, и начало кембрия (570 млн лет назад) ограничивают весьма своеобразный период в истории биосферы — венд, для которого наиболее ярким биологическим событием было появление и широкое расселение древнейших многоклеточных³. В основной массе они были мягкотелыми, т. е. не имели ни раковин, ни панцирей, поскольку еще «не умели» строить минеральный скелет. Для построения опорных структур и покровов они использовали не минеральное, а органическое вещество (белки, полисахариды).

Вендская фауна, известная ныне в Европе, Азии, Северной Америке, Австралии и Африке, — это фактически первая страница палеозоологической летописи многоклеточ-

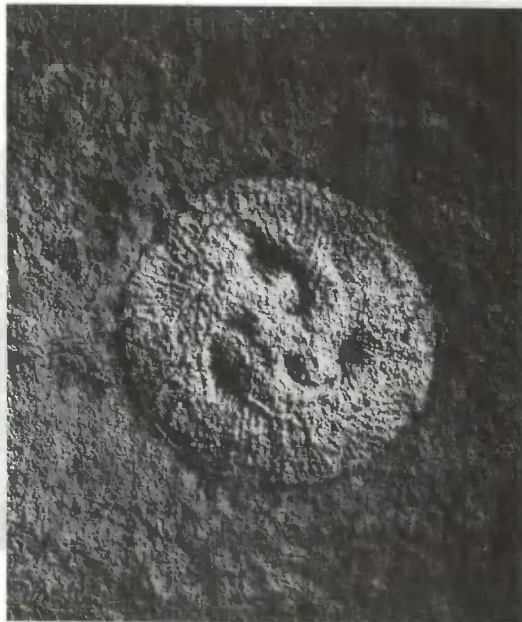
² Глесснер М. Ф. Древнейшие бесскелетные организмы // Природа, 1963. № 11. С. 73—78.

³ Келлер Б. М. Новая находка древнейших животных // Природа, 1975, № 7. С. 85—87; Федонкин М. А. Крупнейшее местонахождение докембрийской фауны // Природа, 1981. № 5. С. 94—102.

¹ Соколов Б. С. Вендский период в истории Земли // Природа, 1984. № 12. С. 3—18.



Ландшафт вендского моря: 1 — Charniodiscus, 2 — Parvancorina, 3 — Nemiana, 4 — Cyclomedusa, 5 — Charnia, 6 — Dickinsonia.



Представители класса Trilobozoa: отпечаток слегка деформированной медузы *Albumares brunsaе*, вид описан автором (слева, увел. в 5 раз); отпечаток верхней, оральной стороны с тремя ротовыми отверстиями и вдающимися в них радиальными дуговидными бороздками *Tribrachidium heraldicum* (увел. в 4 раза).

ных. Достоверные остатки более древних форм пока неизвестны.

Интересно, что во многих местонахождениях докембрийской фауны, весьма удаленных друг от друга даже на палеогеографических реконструкциях, найдено немало идентичных форм. Например, у вендских фаун Беломорья и Южной Австралии 13 общих видов, идентичность которых подтверждена и советскими, и австралийскими специалистами. Некоторые примитивные формы медуз и перистые колониальные полипы докембрия обнаружена на русском севере, на Ньюфаундленде, в Англии и в Китае.

Создается впечатление, что вендские многоклеточные — это единая глобальная фауна. Пока мы не располагаем данными о провинциализме. Миграцию животных облегчало, возможно, отсутствие климатических и географических барьеров: по окончании лапландского оледенения климатическая зональность была выражена не столь ярко, а морские воды затопили материки, сгруппировавшиеся в относительно низких широтах.

В стратиграфическом распределении остатков вендской фауны также отмечена странная особенность: масса отпечатков древнейших беспозвоночных приурочена к ниж-

ней половине венда. В верхней половине отпечатки животных почти исчезают, хотя из этого интервала известны относительно мелкие и однообразные следы жизнедеятельности каких-то донных обитателей и обильные остатки водорослей. Не исключено, что пробел в палеозоологической летописи связан с вымиранием ряда групп, особенно — крупных прикрепленных форм. Но этот пробел можно связать и с предполагаемым резким уменьшением размеров животных в позднем венде (кстати, первые скелетные организмы раннего кембрия — очень мелкие) и с изменениями общей экологической обстановки.

КАК ЖЕ ОНИ СОХРАНИЛИСЬ?

Венд был уникальным периодом во многих отношениях, в том числе и в аспекте тафономии, изучающей закономерности формирования ассоциаций ископаемых остатков. Если в более поздней палеонтологической летописи мягкотелые организмы сохраняются исключительно редко, то для венда это, наоборот, типично! Причины такой «инверсии» следует искать, очевидно, в специфике некоторых абиотических факторов среды и неповторимых особенностях органического мира вендского периода.



Отпечаток нижней, аборальной стороны одной из редких форм кишечнополостных с четырехлучевой симметрией *Conomedusites lobatus* (увел. в 1,4 раза).

Среди таких абиотических факторов отметим гигантские морские отмели, служившие ловушками для животных во время отливов, и мелководья с обильным донным населением, где высокая подвижность воды и беспрепятственный размыв суши, не закрепленной растительностью, способствовали быстрому погребению погибших и даже живых организмов, особенно во время штормов.

Широко известна роль фильтраторов в очистке морской воды: они не только отцеживают взвесь, но и «упаковывают» непереваренные остатки в комочки (пеллеты), которые быстро оседают на дно. Активные фильтраторы в венде не обнаружены. Из-за мутности воды хорошо освещался и прогревался лишь ее тонкий приповерхностный слой, обогащенный кислородом в результате фотосинтетической деятельности планктонных водорослей и цианобактерий. Ниже располагались холодные и бедные кислородом воды. Из-за резкой разницы температур верхний и нижний слои перемешивались плохо, поэтому в глубоких местах деятельность организмов, которые могли бы разлагать захороненное органическое вещество, естественно, снижалась. Присутствие глинистых частиц уменьшало проницаемость осадка для флюидов и газов и повышало его цементирующие свойства.

К важнейшим биотическим факторам, способствующим сохранности вендских бес-

скелетных, можно отнести следующие: высокую плотность донного населения в зонах с активным гидродинамическим режимом; значительное количество прикрепленных форм, создававших в осадке такие структуры, которые могли запечатлеться; низкую активность трупоедов и подвижных хищников; невысокую степень биологической переработки осадка грунтоедом и другими представителями донной фауны (этот фактор допускал сохранение в ненарушенном состоянии тех структур, которые были образованы живыми или погибшими организмами в мягком осадке). Не исключено, что слабая биологическая переработка осадка способствовала быстрому заселению его поверхности синезелеными водорослями (цианобактериями).

Цианобактериальные маты могли играть стабилизирующую роль, препятствуя перемыву осадка и разрушению биогенных структур в прибрежном мелководье. Более того, бактериальные пленки или маты, вероятно, затрудняли и аэрацию грунта. Продукты разложения органического вещества могли формировать в осадке такую среду, в которой грунт легко отвердевал. Возможно, так образовывались отпечатки и, особенно, слепки (ядра) мягкотелых животных, позволяющие видеть тончайшие детали их строения.

ПРЕДКИ ИЛИ ПОТОМКИ?

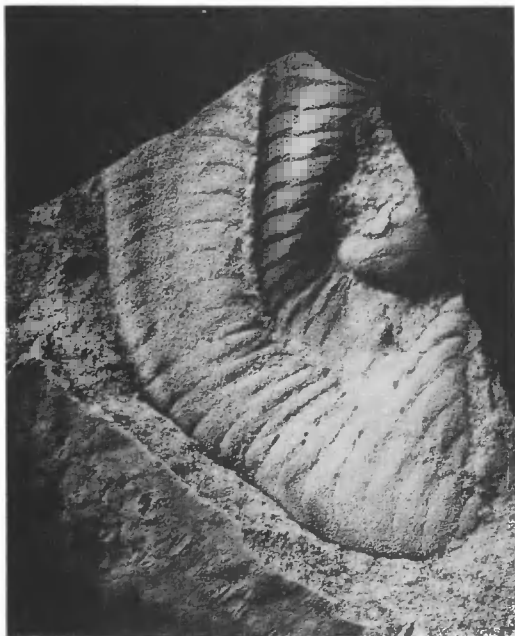
Несмотря на превосходную сохранность отпечатков вендских животных, их систематика вызывает острую дискуссию. Мно-

гие структуры в отпечатках древних животных трактуются неоднозначно. Это понятно, если учесть громадное удаление вендской фауны от ныне живущих организмов. Осложняют ситуацию и существенные пробелы в палеонтологической летописи бесскелетных животных вообще. Короче, о предках вендской фауны мы не знаем ничего, а связь с палеозойскими и более поздними потомками не всегда очевидна.

Уже в первые годы изучения докембрийских животных разные авторы по-разному понимали морфологию и систематику древнейших позвоночных. Тем не менее долгое время среди палеонтологов преобладало мнение, что докембрийские организмы принадлежат к тем же типам, классам и даже отрядам, которые известны из более поздней палеонтологической летописи или существуют ныне. Жизненность этой позиции связана не только с авторитетом ее сторонника — М. Глесснера, но и с тем, что научная общественность оказалась психологически подготовлена к таким выводам: слишком долго длилось ожидание открытия предков кембрийской, палеозойской фауны⁵. Когда же была, наконец, найдена докембрийская фауна — необычно крупные мягкотелые животные, самые древние животные Земли, ученые наверняка подумали: «Вот они — предки!»

Но по мере того как в разных странах накапливался материал по докембрийским беспозвоночным, становилось все яснее, что соотношение древнейших животных с существующей системой многоклеточных требует серьезных допущений и все равно порождает противоречия. Докембрийские животные «не вписываются» в эту систему. Стало очевидным, что интерпретация отпечатков организмов исключительно в рамках сравнения с ныне живущими беспозвоночными — не самый плодотворный и уж, конечно, не единственный путь исследования.

Вопрос о систематике этих животных, по-видимому, ключевой. Противоречия, порождаемые традиционным подходом к систематизации докембрийской фауны, вынуждают искать принципиально иной путь. Для начала следует отказаться от заманчивой и широко признаваемой «идеи предков». Ей противоречат не только странный облик многих форм животного мира венда, но и обширные данные по фаунам кембрийского периода. Скажем прямо, биоты венда и кембрия имеют немного общего.



Отпечаток петалонамы *Inkrylovia lata* (умень. в 1,4 раза). Вид описан автором.

Однако при всей непохожести фауны венда и кембрия мы должны помнить, что сравниваем окаменелости разных типов: в венде — отпечатки мягкотелых животных, в кембрии — окаменевшие скелеты или их фрагменты (спикулы, склериты, таблички, иглы и т. д.). Мир бесскелетных животных кембрия остается как бы в тени, вне сравнения, поскольку о мягкотелых кембрия известно пока немного. Заметим, кстати, что из 32 типов многоклеточных животных, которые более или менее широко признаются зоологами, 22 представлены в основном бесскелетными формами, причем значительная часть последних неизвестна в палеонтологической летописи.

Все это дает основание взглянуть на вендскую фауну иначе: многие из этих странных животных могли быть не предками кембрийских организмов, а самостоятельными группами, возможно — последними потомками более древних — рифейских беспозвоночных. Видимо, немногие из них пережили эпоху лапландского оледенения. Но те, кто выжил, дали вспышку жизни в первой половине венда. Вполне возможно, что вендские бесскелетные животные несут информацию о более ранних этапах эволюции многоклеточных. Прежний подход — сравнение вендской фауны с более поздней и даже совре-

⁵ Glaessner M. F. The Dawn of Animal Life. A Biohistorical Study. Cambridge. 1984. 224 p.



Необычное животное *Dickinsonia costata*, которое следует отнести к особому типу *Proarticulata*.

менной — сдерживал познание более древнего мира животных.

Если допустить, что перед нами «потомки», мы получим возможность классифицировать их на вендском временном срезе, не связывая себя обязательным сравнением с животными более поздних эпох. По-видимому, самое правильное в этой ситуации — разложить окаменелости на группы по морфологическим признакам, не приписывая последним вначале никакого функционального значения.

Такой подход дает интересные и неожиданные результаты, снимает многие противоречия и позволяет по-новому осмыслить соотношение фаун венда и кембрия⁶. Освободившись от обязанности втискивать вендские организмы в современные классы и отряды, мы выявили ряд важных особенностей, которым ранее не придавалось значения.

НА ПУТИ К НОВОЙ СИСТЕМЕ

Представим себя космонавтом, прилетавшим на нашу планету 620 млн лет назад, который не мог предвидеть будущее животного мира и ничего не знал о его прошлом.

Уже при первом взгляде на вендскую фауну поражает обилие радиально-симметричных дисковидных форм. По типу симметрии их можно разбить на три группы. К первой (*Cyclozoa*) относятся формы с осью симметрии бесконечно большого порядка и концентрическим строением тела. Вторая группа объединяет формы с радиальной симметрией неопределенного порядка (*Inordozoa*). В третьей группе, для которой характерна постоянная стабильная симметрия, выделяются подгруппы трехлучевых (*Trilobozoa*) и четырехлучевых форм (*Scyphozoa*?).

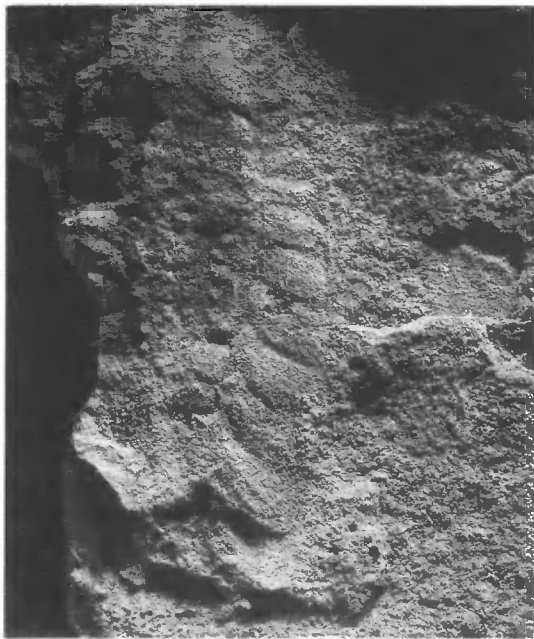
Попробуем расположить эти формы по морфологической сложности и подумаем, как они росли, размножались, питались, где обитали.

Cyclozoa, вероятно, были самыми примитивными из радиалий. Большая часть видов обитала на дне. Их рост осуществлялся простым прибавлением концентрических колец. Размножались они продольным делением и другими способами, характерными для прикрепленных форм. Большинство из них питались, пассивно улавливая органический детрит. Признаков сложной пищеварительной системы не обнаружено, хотя обширная внутренняя полость у них была и, возможно, с концентрическими септами. Органы размножения неизвестны. Наиболее простые формы этой группы напоминают гипотетического предка, которого обычно помещают в основание филогенетического древа многоклеточных животных. Вендская *Nemiana*, например, имела форму сферы с небольшим ротовым отверстием наверху. Не исключено, что такой план строения и самый примитивный, и самый древний. У некоторых форм *Cyclozoa* были простые щупальца, радиальная скульптура диска, но основное в их облике — это концентрическая организация.

У *Inordozoa*, наоборот, ярко выражена радиально-лучистая организация. В процессе роста увеличивается порядок симметрии за счет появления новых радиальных структур. Представители этой группы имели не только щупальца, но и разнообразные системы гастроваскулярных каналов и репродуктивных органов. В некоторых отношениях эти животные напоминают современных медуз, но рост у них был принципиально иным, неупорядоченным. Таким образом, *Inordozoa* по уровню организации выше *Cyclozoa*, хотя произошли они, видимо, от одного предка — на это могут указывать комбинации радиальной и концентрической симметрий у некоторых вендских форм.

Однако наиболее высокая организация

⁶ Федонкин М. А. Бесскелетная фауна венда и ее место в эволюции метазоа. М., 1987. 176 с.



Отпечаток членистоногого *Bomakellia kelleri*, напоминающего некоторых ракообразных (умень. в 1,7 раза). Вид описан автором.

среди вендских радиально-лучистых организмов наблюдается у форм со стабильным порядком симметрии. Описано несколько видов медуз с четырехлучевой симметрией, которые с известной долей риска можно сравнить со сцифоидными медузами.

Широко распространены в венде медузы с трехлучевой симметрией. Уникальность этого типа симметрии, который ныне крайне редок у многоклеточных и встречается обычно как вторичное явление или уродство, делает эту группу кишечнотелых достаточно однородной в филогенетическом смысле и позволяет рассматривать ее как таксон высокого ранга — класс *Trilobozoa*.

Теперь взглянем на билатерально симметричных животных венда. Их явно меньшинство (менее 30 % видов), и эта диспропорция противоположна той, что наблюдается в мире животных сегодня. Ныне двусторонне симметричные составляют более 99 % известных видов, а радиалии (кишечнотелые) менее 1 %, т. е. около 10 тыс. видов из 1,3 млн. И хотя в венде известно лишь около 100 видов животных, доминирование радиалий удивляет. Если продолжить эту тенденцию в прошлое, мы придем к выводу, что когда-то задолго до венда все животные

(хоть и очень немногих видов) были радиальными.

Подавляющее большинство видов билатерий венда имеют уплощенную листовидную форму и как бы сегментированное строение. Это наводит на мысль о том, что двусторонняя симметрия и сегментация (метамерия) могли формироваться одновременно. Метамерия — расчленение тела на части, в каждой из которых в той или иной степени повторяются системы органов. Возникновение метамерии широко обсуждается зоологами вот уже более столетия. Предложено несколько интересных гипотез. Возможно, докембрийский материал позволит выбрать одну из них или послужит основой для новой гипотезы.

Двусторонне симметричные животные венда значительно отличаются от билатерий последующих геологических периодов и характером роста, и симметрией, и странными сочетаниями признаков. У некоторых из них (например, *Vendia* и *Dickinsonia*) мы видим удивительное явление, нетипичное для беспозвоночных фанерозоя — аномальную сегментацию, при которой идентичные элементы правой и левой сторон тела сдвинуты друг относительно друга. Этот сдвиг можно охарактеризовать плоскостью симметрии скользящего отражения в отличие от зеркальной симметрии большинства билатерий. Такие странные формы объединены в тип *Proarticulata*, куда входят два класса: *Dipleurozoa* и *Vendiamorpha*. Не исключено, что эти животные представляют слепую ветвь, один из «экспериментов природы», которые во множестве проводились ею на ранних этапах эволюции.

Но есть организмы, которые можно назвать монстрами, поскольку в них странным образом сочетаются признаки, характерные для более поздних классов и типов, широко разошедшихся в своем историческом развитии. Примером могут служить *Spriggina* и *Bomakellia* с головой, напоминающей головной щит трилобитов (класс вымерших членистоногих, просуществовавших от кембрийского до пермского периодов) и телом с характерными признаками кольчатых червей. Возможно, от них и произошли некоторые группы членистоногих и червей.

Впрочем были и совершенно загадочные животные, выделенные Х. Пфлюгом в самостоятельный тип *Petalonama*. Эти донные организмы имели форму лады или ковша. Внутреннее строение их напоминало луковцу, но не простую — каждый слой имеет ребристую поверхность, а посредине проходит такая же ребристая продольная септа. Петалонамы вымерли еще в венде,

как и многие другие группы этой «экспериментальной» фауны. Не исключено, что Пфлюг несколько преувеличивает их таксономический ранг: видимо, это кишечнополостные или организмы, близкие к ним.

Среди кишечнополостных венда есть и колониальные организмы. Их высоко интегрированные колонии, имеющие форму пера, гребня, веера и т. п., похожи на современные мягкие кораллы. Однако одиночных коралловых полипов в венде нет, да и сами колонии заметно отличаются от ныне живущих колониальных кораллов. Поэтому, скорее всего, эти колонии относятся к особым классам вендских кишечнополостных.

Но возможна и иная интерпретация особенностей строения докембрийских организмов.

ЖИЗНЬ НА ДРУГОЙ ПЛАНЕТЕ?

Однажды при обсуждении морфологии древнейших беспозвоночных венда мой собеседник, известный зоолог, воскликнул, глядя на отпечаток животного: «Но ведь так не бывает! Это что-то особое, непохожее на все, что мы знаем. Словно жизнь на другой планете!»

Жизнь иных планет. Как найти ее, как понять? Эти вопросы не одно столетие будоражат человеческую мысль, стимулируют исследовательскую работу и создание чисто умозрительных моделей внеземной жизни. Но обратимся к прошлому — ведь когда-то Земля была совсем не такой, как сейчас, и жизнь на ней, с нынешних позиций, выглядела «внеземной».

Палеонтология — и проблема внеземной жизни. Казалось бы, что общего? И тем не менее слово палеонтологов в изучении этой проблемы столь весомо, что в США, например, палеонтологи привлекаются к поискам признаков жизни на других планетах, а палеонтологические программы субсидируются Национальным управлением по аэронавтике и исследованию космического пространства.

Мысль о том, что далекое прошлое Земли может моделировать современное состояние других планет — не нова. Но недавно она вновь прозвучала в связи с интересной идеей А. Зейлахера о вендской фауне. Он предложил свою интерпретацию докембрийских организмов. Отметив, что их с большим трудом и далеко не всегда удается связать с более молодыми группами животных, Зейлахер заявил, что докембрийские формы, по-видимому, и не имеют аналогов в поздних эпохах. Вся фауна вендского периода, по его мнению, представляла

собой как бы уникальный эксперимент конструирования живых организмов⁷.

Действительно, многие организмы венда отличала одна общая черта: при крупных размерах они имели незначительный объем и очень большую поверхность тела. Заметим, что увеличение размеров ведет к уменьшению удельной поверхности (отношение площади к объему). Чем это грозит животному?

С ростом организма поверхность растет медленнее, чем объем. Ввиду того, что многие жизненно важные функции осуществляются через поверхность, относительное уменьшение ее не может продолжаться бесконечно. Основная масса животных нашла выход в том, что резко увеличила внутреннюю поверхность, создав кишечник, легкие, кровеносные сосуды и т. п.

Другой путь, возможно, более простой — уменьшение объема и увеличение поверхности за счет изменения плана строения. По такому пути пошли некоторые крупные эндопаразиты, обитающие в теле хозяина, например, в пищеварительной системе. При этом сложные внутренние органы не развиваются, но максимально растет всасывающая наружная поверхность, а само тело скорее напоминает ленту или лист. Образно говоря, таких паразитов можно представить как желудок, вывернутый наизнанку, внутри которого сохранились разве что репродуктивные органы.

Не этот ли путь избрали древнейшие животные? Действительно, многие из докембрийских организмов напоминают стеганое одеяло, надувной матрац и т. п. Развиваясь в крупные формы, они ухитрились сохранить небольшой объем при обширной поверхности тела, увеличивающейся к тому же за счет рельефа. Этакие «гофрированные» существа! Чем не инопланетяне? Но зачем им это понадобилось?

Зейлахер полагает, что подобное строение усиливало поверхностный обмен веществ, т. е. не только дыхание, выделение, но и питание. Кстати, у довольно крупных докембрийских «червей», например Dickinsonia (до 1 м в длину), не обнаружено явно выраженного рта. Возможно, он не был нужен: растворенное в воде органическое вещество поглощалось прямо через поверхность.

Эта идея выглядела настоящей научной сенсацией, она резко повысила интерес к докембрийской фауне и послужила стимулом для новых размышлений о том, что же это

⁷ Seilacher A. Discussion on Precambrian Metazoans. L., 1985. P. 47—48.

за существа: предки, потомки, слепая ветвь, один из экспериментов жизни?

Оживление дискуссии о природе вендской фауны вновь привлекло внимание исследователей к одной из прежних точек зрения о том, что форма тела докембрийских животных очень благоприятна для массового развития в них внутренних симбиотических водорослей. Многие организмы венда, действительно, имеют форму листа, а основная функция листа у растений — улавливать световую энергию.

Косвенно подтверждает существование эндосимбиотических фотосинтезирующих водорослей то, что основная часть вендских животных найдена в мелководных отложениях, накапливавшихся в хорошо освещенной зоне моря. В пользу этой идеи говорят и крупные размеры вендских беспозвоночных: определенная корреляция наличия водорослей-симбионтов и больших размеров тела отмечена и у современных морских беспозвоночных, в частности у кишечнорастворимых, плоских червей и моллюсков.

Симбиотические водоросли в тканях животных венда делали их независимыми от внешних источников питания, снабжали кислородом и утилизировали значительную часть продуктов жизнедеятельности. В некотором смысле они выполняли функции органов пищеварения, дыхания и выделения своих хозяев.

С этой точки зрения, вендские животные во многих отношениях понятнее и ближе к нам, чем «гофрированные» существа Зейлаха. Однако, если допустить, что докембрийские организмы — как бы замкнутые экологические системы, неизбежен вывод, что им незачем было эволюционировать, развивать сложные органы передвижения, захвата пищи, пищеварения, дыхания. Этим животным не угрожала конкуренция из-за ресурсов питания. Единственным серьезным препятствием для их процветания могли стать хищники. Но, по мнению Глесснера, в докембрии не было хищников, за исключением, возможно, кишечнорастворимых (ведь их ныне живущие родственники — активные хищники).

Что же это — туликовая ветвь эволюции? Весьма вероятно. Это, конечно, затрудняет интерпретацию многих докембрийских окаменелостей (предки их неизвестны, а потомков, возможно, не было), но не делает их исследование менее интересным и важным для понимания ранней эволюции.

СУДЬБЫ ВЕНДСКОЙ ФАУНЫ

Обособленность многих групп животного мира докембрия ставит ряд острых

вопросов. Каково их место в общей истории многоклеточных? Какие группы вымерли и какие нашли продолжение в палеозое?

Эти и другие вопросы лишь подчеркивают особое значение данных о вендской фауне для зоологии, эволюционной теории, а также для стратиграфии. Их решение потребует длительной кропотливой работы. Пока же ограничимся предварительными замечаниями.

Многообразие животного мира уже в первой половине венда показывает, что история многоклеточных началась задолго до этого периода. Такое предположение подтверждается некоторыми прямыми и косвенными данными. В отложениях предшествующего венду рифея обнаружены так называемые катаграфии — карбонатные комочки неправильной формы, иногда интерпретируемые как копролиты (фоссилизированные фекалии животных). Другой косвенный аргумент — уменьшение количества и разнообразия строматолитов в позднем докембрии, начавшееся около 1 млрд лет назад. Строматолиты — карбонатные постройки цианобактерий — господствовали в мелководных морях докембрия долгое время, начиная с архея (3,5 млрд лет назад). Специалисты полагают, что строматолиты вытеснялись с обширных мелководных первыми многоклеточными животными, которые выедали синезеленые водоросли и нарушали стабильность субстрата, необходимую для роста строматолитов. Упадку строматолитов, вероятно, способствовали и кардинальные климатические и географические перестройки, связанные с оледенениями 850 ± 50 , 740 ± 20 и 650 ± 20 млн лет назад. Важную роль в вытеснении строматолитовых экосистем могли сыграть и водоросли-эвкарियो-ты.

О возможной продолжительности довендской эволюции многоклеточных говорит и молекулярная биология. Так, сравнительный анализ аминокислотных последовательностей глобинов ныне живущих беспозвоночных позволяет датировать появление основных типов животных 700—800 млн лет назад.

Небольшое разнообразие первых фаун докембрия могло стать одной из причин их уязвимости перед лицом абиотических и биотических событий, которыми был столь насыщен поздний докембрий. Не исключено, что мир животных претерпел серию радикальных кризисов, прежде чем достиг палеозойского разнообразия. Один из таких кризисов, видимо, был вызван значительными климатическими и географическими изменениями в ходе лапландского оледенения.

Палеонтологическая летопись этого этапа обречена на неполноту и фрагментарность.

Эволюционный взрыв начала венда происходил в обширных и мелководных морях, затопивших континенты из-за таяния ледниковых шапок и подъема уровня Мирового океана. Довольно быстро сформировались разнообразные планы строения животных, но лишь немногие из них были унаследованы в дальнейшем. Значительное число таксонов высокого ранга при небольшом видовом разнообразии, преобладание короткоживущих групп характерны для явления, известного как архайческое многообразие. По меткому выражению одного из лидеров палеонтологии докембрия И. Н. Крылова, животный мир венда напоминает «сундук с черновиками».

Во второй половине венда многие группы животных вымерли, а размеры других, возможно, уменьшились (вспомним мелких животных кембрия). Не исключено, что фауну венда вытеснили мелкие, но многочисленные мягкотелые предки древнейших скелетных организмов кембрия, которые имели более совершенные способы добычи пищи в отличие от пассивного ожидания, свойственного многим животным венда. Однако из-за небольших размеров они не оставили различных отпечатков.

Мы пока не обнаружили в венде предков моллюсков, брахиопод, иглокожих, археоциат и других групп беспозвоночных, появившихся в нижнем кембрии как бы вдруг. Возможно, это связано с очень мелкими размерами их вендских предков, которых можно было бы различить лишь при наличии минерального скелета. Предполагаемое отсутствие скелета у вендских предков не упрощает проблемы, поскольку физиология этих групп теснейшим образом связана с его наличием. Мысленное удаление скелета приведет к такой деформации плана строения этих организмов, что их, возможно, придется исключить из состава упомянутых типов животных. С другой стороны, пробел в палеонтологической летописи многих групп фауны второй половины венда положил начало большому фанерозойскому пробелу в летописи бесскелетных вообще. Более или менее адекватная летопись бесскелетных закончилась — увеличилась активность падалеодов, хищников и разрушительная деятельность грунтоедов и другой донной фауны.

И все же, несмотря на поздневендский пробел, некоторые линии беспозвоночных можно проследить из венда в кембрий, в частности, среди кишечнополостных, сабеллидитид и членистоногих. Но это предмет особого рассказа.

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Снят ли мучивший Дарвина вопрос о предках кембрийских животных после открытий фаун венда? Вряд ли.

Как всегда новое знание ставит новые проблемы и одна из них похожа на ту, что тревожила Дарвина: почему мы не знаем предков вендских животных? Ответ на оба вопроса, возможно, заключен в «парадоксе трансформизма», сформулированном П. Тейяром де Шарденом в 1925 г.: начало каждого эволюционного ствола еще не является типичным компонентом последнего и обычно ускользает от внимания исследователя в силу скудности сохранившегося и дошедшего до нас материала. В книге «Феномен человека» он пишет: «По природе нет ничего более деликатного и мимолетного, чем начало. До тех пор пока зоологическая группа молода, ее признаки остаются неопределенными. Ее сооружение хрупко. Ее размеры малы. Ее составляют относительно немного индивидов, и они быстро изменяются. Как в пространстве, так и в длительности, черешок (или, что то же самое, почка) живой ветви обладает минимумом дифференциации, экспансии и сопротивляемости. Как же действует время на эту слабую зону?»

Неизбежно уничтожая то, что от нее остается...

Поэтому нет ничего удивительного в том, что ретроспективно вещи кажутся нам появившимися в готовом виде».⁸

Трудно с этим не согласиться. Примеры появления «в готовом виде» фаун венда, а затем и нижнего кембрия служат прекрасной иллюстрацией этой мысли.

И все же, не надеясь найти начал вендской фауны, так хочется заглянуть в более древние времена. Возможно, в тех отложениях мы обнаружим совсем других животных, не похожих ни на вендские, ни на более молодые. Это предположение кажется сегодня наиболее вероятным, поскольку ранняя эволюция многоклеточных, видимо, представляла серию радиаций (актов видеобразования), прерываемых вымираниями. Так что, возможно, мы откроем остатки еще более древних форм, и надо быть готовыми к тому, чтобы узнать в них тех, с кого началось великое царство многоклеточных животных — Metazoa.

⁸ Тейяр де Шарден П. Феномен человека. М., Наука, 1987, 240 с.

С. Лаберж

Ясное сновидение

Феномен «ясных сновидений», когда сновидящий знает, что ему снится сон, для специалистов пока совершенно не понятен. Его загадочность и большой интерес к нему со стороны исследователей определяется тем, что фундаментальной особенностью психической активности в сновидениях считалось отсутствие рефлексии: человек не осознает себя спящим и видящим сон, он воспринимает события сновидения как происходящие в реальном мире. Предполагается, что именно арефлексивность сознания, отсутствие критического контроля гарантирует ту «свободу действий» персонажей и образов сновидений, которая невозможна в обычном состоянии сознания и без которой сновидение не могло бы осуществлять свои основные функции психологической защиты, смягчая травматические переживания, случившиеся во время бодрствования¹.

Между тем в ясных сновидениях это условие не соблюдается. И хотя у обычных нетренированных людей такие сновидения составляют не более 3% от общего числа сновидений², это не мешает им стать объектом научного изучения, так же, как еще более редкому феномену сямских близнецов. И если возможны сновидения с сохранением контроля сознания по отношению к их сюжету, многое в теории сна должно быть пересмотрено.

Альтернативой такой постановке вопроса может быть только гипотеза о том, что ясные сновидения отличаются не только степенью рефлексии, но и какими-то другими параметрами. В таком случае изучение ясных сновидений следует направить на то, чтобы выяснить, какие их качества «сцеплены» с рефлексивностью сознания и можно ли вообще относить обсуждаемый феномен к сновидениям. Правомочность такой постановки вопроса определяется также условиями, необходимыми для ясных сновидений. Судя по статье С. Лабержа — одного из пионеров научного исследования проблемы — и другим публикациям, частота ясных сновидений возрастает при использовании техники погружения в особые состояния сознания — гипноза, аутогипноза, медитации. Другой способ, предлагаемый Лабержем, — яркое зрительное представление себя спящим и видящим ясные сны — называется визуализацией и входит как один из основных компонентов в перечисленные особые состояния сознания. Нельзя исключить, что и само переживание «ясных» представлений происходит скорее при включении в так называемый быстрый сон [во время этой фазы сна, сопровождаемой быстрыми движениями глаз, мы и видим большинство сновидений] нехарактерных для него эпизодов особого состояния сознания по типу медитации. Психофизиологические предпосылки к возникновению и сновидений, и медитации весьма сходны — в обоих случаях решающим является относительное доминирование правополушарных компонентов мышления³, но при медитации сохраняется определенный регулирующий контроль сознания, помогающий произвольно входить в это состояние и выходить из него.

В пользу гипотезы о медитативной природе ясных сновидений свидетельствует возможность произвольно прервать это состояние, а также некоторые результаты психофизиологических исследований: при ясных сновидениях, особенно при непосредственно предшествующих им ярких и необычных, критически оцениваемых сознанием сновидениях на электроэнцефалограмме регистрируется альфа-ритм довольно высокой амплитуды, который в целом не характерен для быстрого сна, но характерен для медитации⁴.

Разумеется, это только одна из возможных гипотез, требующих проверки. Но привлечение к этому феномену внимания исследователей представляется необходимым не только из-за его теоретического значения. Возможность произвольно вмешаться в собственное сновидение, сделать его менее страшным или прервать его, разрешить возникающий в нем конфликт — все это имеет бесспорную психотерапевтическую и психопрофилактическую ценность.

* Статья написана специально для третьего издания удостоенной премии ЮНЕСКО антологии Р. Орнштейна «Психология сознания». (La Berge St. P. Lucid dreaming: directing the action as it happens // Ornstein R. The Psychology of Consciousness. Ed. 3. N. Y., 1986).

¹ Ротенберг В. С. Сновидение как особое состояние сознания // Бессознательное: природа, функции, методы исследования. Т. IV. Тбилиси, 1985. С. 211—223.

² Foulkes D. Dreaming: a Cognitive-psychological Analysis. L., 1985.

³ Ornstein R. The Psychology of Consciousness. N. Y., 1986.

⁴ Tyson P. D., Ogilvie R. D., Hunt H. T. // Psychophysiology. 1984. Vol. 21. № 4. P. 442—451.

В литературе о сновидениях есть указания, что у одного из племен Малайзии существует техника управления собственными сновидениями и люди племени обучаются этой технике с раннего детства. Управление сновидениями и использование их для регуляции эмоциональных отношений в реальной жизни приводит к тому, что члены племени не болеют психическими заболеваниями, а их социальная жизнь менее конфликтна⁵. Если даже в этих сообщениях есть элемент преувеличения, то сама роль сновидений в психологическом балансе сегодня сомнений не вызывает, и любой новый подход к направленному увеличению их потенциальных возможностей нуждается в тщательном изучении. Если же речь действительно идет о включении в сновидения психических состояний, напоминающих медитацию, то необходимо изучить возможные отдаленные последствия такого включения для психики и поведения.

Поскольку отечественных работ по ясным сновидениям вплоть до настоящего времени не существует, «Природа» публикует ниже сокращенный перевод статьи американского психолога Стивена Лабержа, который исследует ясные сновидения с 1977 г. в Станфордском университете (США). Эта небольшая статья является хорошим введением в историю научного изучения и современное состояние проблемы.

В. С. Ротенберг,
доктор медицинских наук

⁵ Greenleaf E. // Psychotherapy: theory, research and practice. 1973. Vol. 10. P. 218—222.

Т О, ЧТО мы иногда спим, зная, что видим сон, было известно со времен Аристотеля. Во время таких ясных сновидений сознание сновидца оказывается отчетливо бодрствующим. Он может ясно рассуждать, свободно вспоминать и влиять на свои мысли, продолжая находиться в красочном сновидении. (...)

В отличие от исследователей, которые меняли сюжеты снов с помощью предварительных обсуждений, я установил, что сам сновидец может изменять содержание сновидения изнутри, по ходу его развития.

Например, когда мне снился сон о нападшем на меня разбойнике, я одновременно почувствовал, что он представляет грань моей собственной личности, которую я активно отрицал. Я хотел примириться с этой частью себя и смог сделать это сознательно в ходе сновидения.

В личном опыте я обнаружил, что можно увеличить способность к ясным сновидениям. В течение трех лет я регистрировал все ясные сновидения, которые смог вспомнить — всего 389.

Экспериментируя с различными техниками самовнушения, я смог увеличить первоначальную частоту ясных сновидений вчетверо — до 26 в месяц. Из-за расплывчатости и неэффективности этих техник мне потребовалось почти два года, чтобы выработать действенный метод. Но к концу эксперимента я был в состоянии вызывать ясные сновидения почти что по желанию.

Люди могут упражнять способность не только к ясным сновидениям, но и к подаче

сигнала о том, что они находятся в таком сновидении. Я и мои коллеги доктора В. Заркоун, У. С. Деммент, Л. Нейгел из Центра исследований сна Станфордского университета уже показали в одной работе, что для этого пригодны заранее условленные сигналы. Нам удалось подтвердить появление ясных сновидений в периоды быстрых движений глаз во сне для людей, которые сигнализировали, что знают о том, что видят сон. (...)

Ясные сновидения чаще трактовались как таинственный дар, чем как мастерство, которому можно научиться. То немногое, что было написано на эту тему, содержало в основном описание их содержания с некоторыми намеками на то, как можно культивировать эту способность. Единственным исключением является книга «Творческое сновидение», в которой психолог П. Гарфилд описывает очень простой способ самовнушения.

Перед тем как заснуть, она обычно внушала себе: «Сегодня я хочу иметь ясное сновидение». Гарфилд, которая экспериментировала с этой техникой несколько лет, сообщает, что имела 4—5 ясных сновидений в месяц. Ее результаты показывают, что самовнушение помогает вызвать ясные сновидения.

Задолго до моих исследований у меня бывали ясные сновидения. В пять лет, помнится, я видел сны, которые намеренно повторял в последующие ночи. Вспоминая один из снов, в котором я находился под водой слишком долго и вдруг испугался,

что утону, но затем осознал, что в этой серии сновидений был способен дышать под водой.

Следующий ясный сон, который я помню, возник только 20 лет спустя. Однако, хотя на протяжении нескольких лет после него у меня было в среднем чуть менее одного такого сновидения в месяц, этот феномен заинтриговал меня настолько, что в 1977 г. я выбрал его темой диссертации в Станфордском университете.

В течение первых полутора лет я использовал самовнушение по Гарфилду и достиг по существу тех же результатов — около пяти сновидений в месяц.

В конце первой фазы своих исследований я обнаружил два психологических фактора, влияющих на появление ясных сновидений. Первый и наиболее очевидный из них — мотивация. Так, два месяца я регистрировал в среднем в 2—3 раза больше ясных сновидений, чем раньше. Первый месяц я готовил диссертационный проект, связанный с этим исследованием, а во второй — пытался вызвать ясные сновидения в лаборатории сна. Оба месяца мне, таким образом, пришлось демонстрировать осуществимость научного изучения ясных сновидений.

Постепенно более тщательное самонаблюдение привело меня к пониманию второго психологического фактора, заключавшегося в предварительном намерении помнить о необходимости контролировать сознание во сне. Такое проявление сопровождалось увеличением частоты ясных сновидений (вторая фаза исследований). Дальнейшее совершенствование процедуры в течение года привело к надежному методу вызывания ясных сновидений. Этот метод основан на нашей способности помнить о будущих действиях. Он осуществляется через формирование ассоциаций между тем, что мы хотим сделать, и будущими обстоятельствами, в которых мы намерены действовать. Эти ассоциации легче всего сформировать, представляя себя делающим то, что вы намереваетесь запомнить. Полезно также выразить это намерение словами: «Если происходит то-то, делай так-то». То, что я называю мнемотехникой вызывания ясных сновидений, выражается следующими шагами:

1. Ранним утром я вдруг пробуждаюсь ото сна.

2. После припоминания сна я 10—15 мин читаю или занимаюсь любой другой деятельностью, требующей полного бодрствования.

3. Затем, лежа в кровати и снова засыпая, я говорю себе: «Вскоре, когда я усну, я хочу вспомнить, что мне снится сон».

4. Я представляю себя спящим; быстрые движения глаз показывают, что я вижу сон. В то же самое время я вижу себя в сновидении, таком, какое только что регистрировал (или в каком-либо другом, если, проснувшись, я ничего не вспомнил), понимая, что в действительности, я вижу сон.

5. Я повторяю шаги 3 и 4 до тех пор, пока не почувствую, что мое намерение закрепилось.

Когда я использовал эту технику, среднее число ясных сновидений за месяц возросло до 21,5 (до 4 за ночь). В последующие 4 месяца я не занимался регулярной практикой по этой системе (третья фаза). Это был период движения назад. Затем, в последние 2 месяца (четвертая фаза) я стал ею пользоваться, чтобы вызвать ясные сновидения в лабораторном исследовании. Об этом я расскажу ниже.

Оказалось, что я мог стимулировать ясность по желанию в любой момент во время быстрого сна, который в норме возникает каждые 90 мин, т. е. 4 или 5 раз за ночь. В эти периоды у нас бывают самые красочные, запоминающиеся сновидения. Хотя я мог успешно вызывать ясные сновидения и в начале ночи, моя техника оказалась эффективнее ранним утром, в последние периоды быстрого сна, когда сновидения богаче, а также сразу после пробуждения из предыдущих сновидений.

Интересно, что, согласно некоторым утверждениям, осознанная активность ночью способствует ясным сновидениям... У Г. С. Спарроу ясные сновидения бывали, когда он засыпал после медитации ранним утром. У других ясные сновидения тоже возникали под утро, после чтения или письма.

Многообразие этих стимулов (каждый из которых я проверил на себе) означает, что важна не конкретная деятельность, а связанное с ней бодрствование.

Вероятно, мы можем и дальше совершенствовать технику обучения ясным сновидениям. До сих пор моя техника формально не проверена в лабораторных условиях. Только три человека кроме меня сообщали об успешности ее использования. Но поскольку она основана на универсальном познавательном навыке, я верю, что она окажется полезной для всех.

Но изучить другие подходы также полезно. Один из них — использование гипноза. В сеансах гипноза мне внушали, что, когда после гипноза я засну, у меня будет ясное сновидение. (Это сбылось в двух случаях из трех.)

Иной способ вызвать ясные сновидения состоит во внешней подсказке в то время,

когда испытуемый спит. Другие исследователи обнаружили, что, когда в периоды быстрого сна испытуемые слышат свой собственный голос, записанный на магнитофон, их сновидения становятся более активными и независимыми. При исследованиях в лаборатории мне в периоды быстрого сна включали запись моего голоса, повторявшего «Стивен, ты видишь сон». Оба раза, когда я включал это предложение в сновидение, оно становилось ясным, но я почти сразу проснулся.

Хотя многие сообщают о своей способности вызывать ясные сновидения, как эмпирически доказать, что в них они способны контролировать сознание? В отсутствие экспериментальных данных исследователи задаются вопросом, возникает ли это ощущение во время сна или же является галлюцинацией в короткие периоды пробуждения. Далее, если сновидящие действительно спят, как с ними договориться о том, чтобы они сигнализировали исследователю, когда они видят сон?

Мы знаем, что действия в сновидениях иногда давали хорошую корреляцию с регистрацией полиграфом (многоканальный самописец.— Прим. пер.) движений глаз и мускульной активности. Например, когда человек видит сон, в котором собака бежит по улице за мячом, его глаза быстро движутся, как если бы он проследивал ее действия. Аналогично телесные движения в сновидении, как известно, сопровождаются электрическими изменениями в мышцах. Таким образом, возможно, испытуемый мог бы подавать сигнал, совершая в сновидении определенные действия, имеющие наблюдаемые корреляты.

Эксперименты показали, что во сне люди иногда способны к поведенческим реакциям. В одном из последних исследований, проведенном в Рашском университете Р. Картрайт и Дж. Браун, испытуемых просили нажимать на микропереключатель, когда у них возникало сновидение.

Исследователи обнаружили, что испытуемые в состоянии бодрствования легче вспоминали сновидение, если они нажимали переключатель. Однако, поскольку, согласно Картрайт, испытуемые не были настолько пробуждены, чтобы вести себя сознательно, эти исследования не представили доказательства произвольных действий (а значит и рефлексировующего сознания) во время сна.

В наших экспериментах в Станфордском центре сна я был одним из четырех подопытных сновидцев, которых изучали в общей сложности 27 ночей. Каждую ночь нас подсоединяли к стандартной аппаратуре,

регистрирующей движение глаз, электрические колебания мозга и напряжение мышц подбородка и запястья. Когда мы начинали осознавать себя выдающими сон, мы использовали для сигнализации определенную последовательность вертикальных движений глаз и сжатия кулаков. <...>

После каждого ясного сновидения нам нужно было просыпаться и делать детальный отчет. В ходе этого исследования мы отчитались о 27 ясных сновидениях после пробуждения в различных стадиях сна. Сигналы подавались во время 22 сновидений. После каждого эксперимента отчеты, где упоминалось о сигналах, и соответствующие полиграммы проверяли эксперты, не знавшие, когда сделаны записи. Они разбирались в записях регистрирующего прибора, но не были связаны с экспериментаторами.

В 16 случаях эксперты смогли выделить 30-секундные периоды совпадений на основе соответствия между отчетами и зарегистрированными сигналами. Но как объяснить их неудачу в 6 из 22 случаев при анализе «вслепую»? Мы проверили записи приборов, непосредственно предшествовавшие сигналам, и обнаружили, что в большинстве случаев сигналы были недостаточно выражены на фоне шума — случайной активности мышц. Однако в показаниях приборов не удалось найти никаких других сигналов кроме тех, о которых сообщали испытуемые.

Самый сложный сигнал, который я передал дважды, состоял из одного движения глаз вверх и затем сжатия левого (Л) и правого (П) кулаков во сне в следующем порядке ЛЛЛ, ЛПЛЛ. Эта последовательность представляет собой мои инициалы в азбуке Морзе (ЛЛЛ — три точки или S и ЛПЛЛ — точка—тире—точка—точка или L).

Действительно ли испытуемые спали, когда поступали сигналы? Если критерием бодрствования считать восприятие внешнего мира, то, по существу, мы не являлись бодрствующими. Хотя мы и знали, что находились в лаборатории, это знание было скорее памятью, а не восприятием. Во время пробуждения все четверо отмечали, что были полностью в мире сновидения и не имели сенсорного контакта с окружением.

Возможно ли, что мы все-таки бодрствовали, но просто не обращали внимания на окружение (как, например, когда человек читает или поглощен дневными грезами)? Мы все сознавали, что ощущения из внешнего мира отсутствовали. Более того, наши отчеты подтверждались физиологическими измерениями.

В исследовании предполагалось, что

при определенных обстоятельствах во время быстрого сна познавательная способность может характеризоваться гораздо большей рефлексивностью, чем считалось ранее. Если дальнейшие эксперименты подтвердят, что о ясных сновидениях действительно можно намеренно сигнализировать, у нас появится техника для исследования продолжительности, последовательности и содержания сновидений.

В ясных сновидениях понимание того, что ты спишь, может возникать и постепенно, и довольно внезапно. Например, в одном из моих сновидений осознание проходило медленно, провоцируемое одним из персонажей. Я пересекаю мост над пропастью. Когда я вглядываюсь в бездну, мне страшно. Мой попутчик говорит: «Вы не должны следовать этой дорогой. Вам надо возвращаться тем путем, которым пришли», — и указывает вниз, в бездну. Но затем до меня доходит, что если я окажусь в ясном сновидении, мне можно будет не бояться высоты. По мере того как я понимаю, что я в сновидении, я получаю возможность преодолеть мой страх — пересекаю мост и просыпаюсь.

Все, что происходит в ясном сновидении, имеет реальное значение для сновидящего. Хотя ситуации в сновидениях иллюзорны, наши чувства, возникающие в ответ на них, реальны. Например, когда мы испуганы во сне и понимаем, что это сон, страх не исчезает автоматически. Мы, еще должны справиться с ним. Если бы было иначе, ясные сновидения не представляли бы пользы для нашей жизни в бодрствующем состоянии. Можно было бы сравнить обычные сновидения с детской боязнью темноты. Ребенок действительно верит, что в темноте скрываются чудовища. Пребывающий в ясном сновидении похож на взрослого ребенка — еще боится темноты, но уже не верит, что оттуда появляются монстры.

У наивного сновидящего ясность, вероятнее всего, вызывается тревогой. Либо же затруднением, наслаждением, либо некоторым необычным элементом, который внезапно врывается в сновидение. (...)

Способность сновидящего контролировать содержание сна может иногда стать проблемой — когда, например, человек настолько овладевает этой техникой, что начинает просыпаться или избегать неприятных переживаний во сне, вместо того чтобы разрешать конфликтную ситуацию. Я осознал эту проблему в одном из моих ранних ясных сновидений.

Я спасаюсь бегством, карабкаюсь по стене небоскреба, подобно ящерице. И вдруг понимаю, что сплю и могу улететь. Когда

я делаю это, в сновидении появляется сцена, в которой некий учитель комментирует мой сон: «Это хорошо, что Стивен понял, что спит и может летать, но очень плохо, что ему не удалось увидеть, что поскольку это был сон, не было необходимости убежать».

Существует важная проблема, которой мы до сих пор пренебрегали, — символическое значение ясных сновидений. Что означает смотреть сон в то время, когда мы знаем, что видим сон?

Мы можем обобщить то, что З. Фрейд сказал о Харви де Сент-Денисе, знаменитом ясновидце XIX в.: «Кажется, будто в случае (ясного сновидящего) желание спать привело к другому... желанию, а именно: наблюдать свои сновидения и радоваться им». А почему бы и нет! Сновидения могут быть магическим театром всех возможностей, мастерской творчества и роста. Однако очень часто мы используем их для проигрывания повторяющихся мелодрам и заключения себя в привычную тюрьму самоограничений. Ясное сновидение предоставляет путь выхода из сна внутри самого сна, позволяя нам принимать ответственность за сновидение и бодрствование, которые созданы нами.

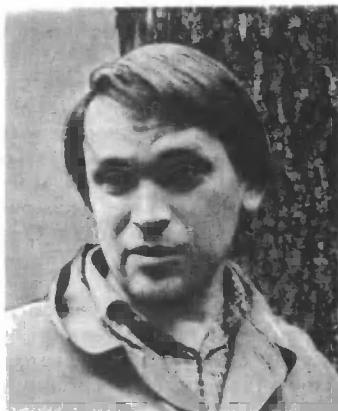
Но в феномене ясного сновидения существует нечто еще более значительное. Если бы вас спросили, бодрствуете ли вы сейчас, вы бы без колебаний ответили утвердительно. Однако чувство того, что мы пробуждены, не дает никаких гарантий, что мы действительно бодрствуем. <...>

И, наконец, по моему мнению, действительное значение ясных сновидений состоит в том, что они руководят нами на более высоких уровнях сознания, поскольку предполагают желательность открытия того, что мы еще не полностью пробуждены. Как обычное сновидение соотносится с ясным сновидением, так обычное ограниченное состояние бодрствования — с состоянием полной пробужденности. В этом смысле ясный сновидящий стремится преодолеть уровень ограниченного обыденного осознания.

Видящий ясный сон стремится не к оставлению мира сновидения через пробуждение, а к пробуждению внутри самого сновидения. Девиз напрашивается сам собой: «Быть в сновидении, — но не сновидением».

Сокращенный перевод с английского
А. В. Петровой.

В.И. Цветков **Сихотэ-Алинский метеорит**



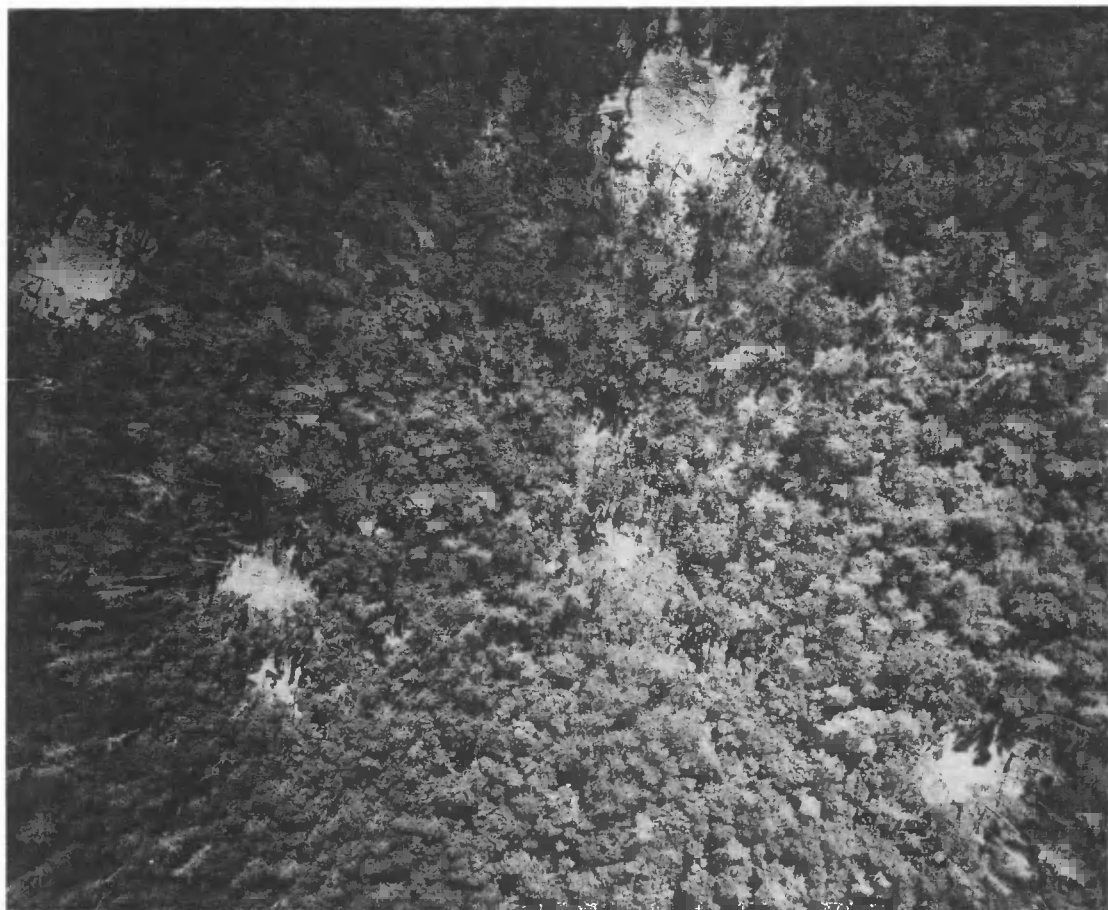
Валентин Иванович Цветков, кандидат физико-математических наук, заместитель директора по науке Московского планетария. Область научных интересов — метеоритика и метеорная астрономия. Руководил несколькими Сихотэ-Алинскими экспедициями.

ОБА КРУПНЕЙШИЕ метеоритные падения XX в. произошли на территории нашей страны: Тунгусское 1908 г. и Сихотэ-Алинское 1947 г. На первый взгляд, только эта территориальная близость и роднит два феномена, так как в остальном их судьба резко различалась. Если к месту падения Тунгусского метеорита исследователи проникли лишь через два десятилетия, то на Сихотэ-Алине для этого понадобилось всего два месяца. Если через 80 лет после Тунгусского падения не найдено ни грамма достоверного метеоритного вещества, то на Сихотэ-Алине за 40 лет собрано около 27 т. Вообще говоря, если Тунгусский метеорит — нерешенная научная проблема, окруженная ореолом легенд и псевдонаучных спекуляций, арена небеспристрастной борьбы научных и околonaучных идей и мнений, то Сихотэ-Алинское падение не предлагает исследователю загадок глобального характера, его основные черты, вроде бы, лежат в рамках устоявшихся представлений об особенностях падений метеоритов.

Не следует, однако, забывать, что и Сихотэ-Алинское, и Тунгусское падения относятся к одному классу явлений — взаимодействию Земли с крупными массами космического вещества. Более того, Сихотэ-Алинское падение в некотором смысле — наилучшее приближение к Тунгусскому, ибо, уступая ему по энерговыделению на 3—4 порядка, оно настолько же превосходит другие подобные явления. К сожалению, почти все исследователи Тунгусского метеорита, увлеченные уникальностью этого объекта, оставляют данное обстоятельство без внимания, хотя не исключено, что ключ ко многим загадкам Тунгусского метеорита лежит именно на Сихотэ-Алине. Впрочем, и само по себе изучение Сихотэ-Алинского метеорита высветило многие важные проблемы метеоритики.

МЕТЕОРИТНЫЕ КРАТЕРЫ

Сихотэ-Алинский метеорит упал 12 февраля 1947 г., и уже через три дня с самолета обнаружили в заснеженной уссурийской тайге группу свежих воронок. Одно



Так выглядят наиболее крупные Сихотэ-Алинские кратеры с самолета. Кроме них на кратерном поле имеется около 100 воронок диаметром более 1 м. Общая площадь кратерного поля 1 км².

только это наблюдение позволило установить две наиболее важные особенности падения: оно было кратерообразующим и кратным (т. е. попадало в разряд метеоритных дождей). Первая особенность, скорее всего, уникальна, поскольку другие документально подтвержденные наблюдения падений метеоритов, приводящих к образованию кратеров, неизвестны.

Метеоритные воронки Сихотэ-Алиня — самые молодые ударные кратеры на Земле, и их структура почти не тронута последующей денудацией, что придает им особую ценность. Однако размеры кратеров (диаметр наибольшего 28 м, глубина 6 м) невелики по сравнению с геологически значимыми ударными структурами (диаметром в десятки и сотни километров), являющимися объектом исследования планетологов.

Благодаря малому масштабу Сихотэ-Алинского падения здесь отсутствуют такие характерные признаки ударного кратерообразования, как: взрывные явления, плавление и испарение вещества ударника и мишени. Вместе с тем малый масштаб явления позволил изучать кратерные структуры в прямых раскопках, которые были проведены эстонскими геологами А. Аалоз и Ю. Кестлане с прямо-таки археологической скрупулезностью¹. Один из важнейших их выводов состоит в том, что в общих чертах строение малых ударных кратеров и крупных взрывных структур сходно. В обоих случаях имеются залегающие одна на другой линзы перемещенных и неперемещенных обломочных пород (аллогенной и аутигенной брекчий), которые покоятся на деформированных породах основания. Однако в отличие от центрально-симметричных взрывных струк-

¹ Аалоз А. О. // Метеоритика. 1972. Вып. 31. С. 68—73.



Самый большой Сихотэ-Алиньский кратер. Вверху — снимок, сделанный в 1947 г., когда было установлено, что диаметр кратера составляет 28 м, глубина — 6 м, вал сформирован насыпным материалом. Внизу — тот же кратер в 1972 г. Раскопки показали, что кратер образован в двухслойной мишени: рыхлые породы со скальными обломками залегают на монолитных коренных породах основания. Образовавший этот кратер фрагмент массой около 2,5 т раскололся либо над самой поверхностью Земли, либо уже в рыхлых породах, так как на дне кратера имеются 6 «следов удара».

тур, малые ударные кратеры проявляют признаки осевой симметрии, связанной как с траекторией метеорита, так и с направлением падения склона, залеганием коренных пород и прочими местными условиями.

Об особенностях строения малых метеоритных кратеров стоит сказать подробнее. В прикрытых обломками породах истинного кратерного дна обычно имеется углубление — «след удара» метеорита. Через него проходит линия, относительно которой можно выделить две симметричные зоны деформаций, одинаковых по типу и интенсивности. (Сходной билатеральной симметрией обла-

дает, кстати, зона вывала леса в районе Тунгусской катастрофы.) Такая осесимметричная структура, явно связанная с ударом метеорита, может служить для выявления ударных образований среди множества небольших по размерам депрессий на поверхности Земли. Это важный момент, так как с геологических позиций продолжительность их жизни ничтожна, и ныне на Земле известно куда меньше малых ударных структур, чем крупных кратеров.

ТРАЕКТОРИЯ И ОРБИТА

Последние десятилетия принесли немало успехов в исследовании метеоритного вещества. Это связано в основном с бурным развитием аналитической техники, стимулированным прямыми космическими экспериментами. В то же время астрономические аспекты метеоритики базируются пока на крайне скудном фактическом материале, не позволяющем продвинуться дальше весьма общих (а потому малоинформативных) рассуждений о генетической связи метеоритов с астероидами.



Участники Сихотэ-Алинской экспедиции 1947 г. вблизи места падения. В центре сидит начальник экспедиции академик В. Г. Фесенков.

Сегодня известны лишь три достаточно точно определенных метеоритных орбиты. Траектории этих метеоритов в атмосфере фотографировались, причем съемочные камеры были снабжены устройствами для определения скорости падения. Во всех остальных случаях обстоятельства падения метеоритов выяснялись путем опроса очевидцев. Если обработка их наблюдений и дает в некоторых случаях вероятную траекторию полета, то не позволяет определить его скорость с точностью, удовлетворительной для расчета орбиты. Именно это обстоятельство побудило в свое время А. Н. Симоненко при расчете метеоритных орбит вообще отказаться от оценки вероятной скорости входа этих тел в атмосферу, а давать для каждого из наблюдавшихся падений «связку» орбит, отвечающую приемлемому спектру скоростей².

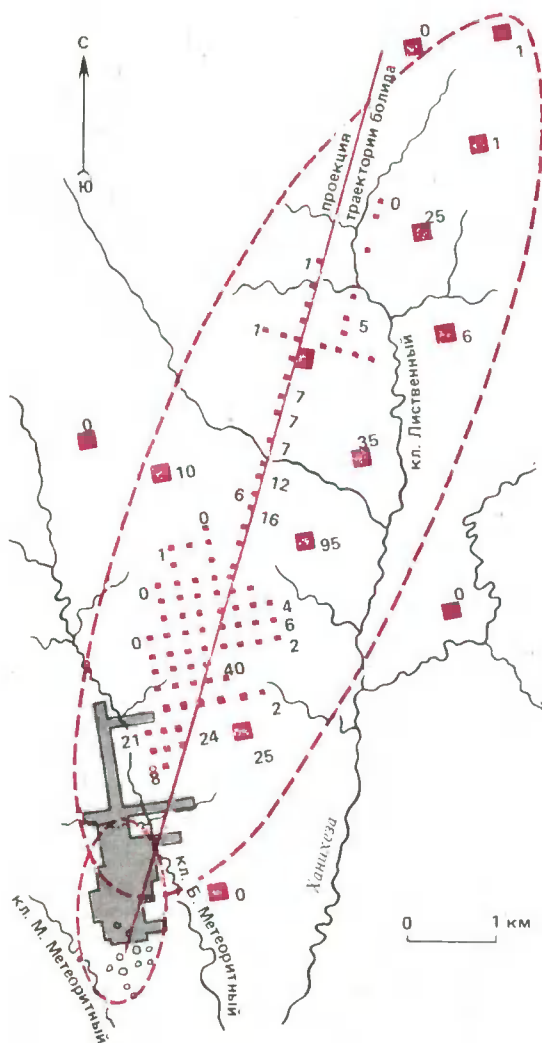
Что касается достоверности определения траекторий по показаниям очевидцев, то здесь история изучения Сихотэ-Алинского метеорита весьма поучительна. За два месяца, прошедших после его падения, было опрошено около 200 очевидцев. Обработав эту информацию, Н. Б. Дивари заключил, что болид двигался с северо-северо-востока

на юго-юго-запад под углом 45° к поверхности Земли³. Однако к тому времени уже были получены данные о зоне рассеяния метеорита, а эта зона, как известно, обычно вытянута в направлении атмосферной траектории его падения. На Сихотэ-Алине зона рассеяния оказалась аномально малой по размеру (приблизительно 1×2 км) и вытянутой, вопреки выводам Дивари, с северо-северо-запада на юго-юго-восток. По этому поводу между Дивари и Е. Л. Криновым разгорелась дискуссия. Первый настаивал на том, что зона рассеяния фрагментов метеорита оконтурена не полностью и ее окончательная форма должна соответствовать расчетному варианту траектории. Второй полагал, что выводы Дивари относятся не столько к полету самого болида, сколько к положению на небе его дымового следа, который мог дрейфовать, что и вносило искажения в расчеты.

Этот спор удалось решить лишь в 1975 г., когда была обнаружена новая обширная зона рассеяния, расположенная к северо-северо-востоку от кратерного поля, т. е. как раз под траекторией Дивари. Кстати, ошибка Кринова в определении границ зоны рассеяния на долгие годы опреде-

² Симоненко А. Н. Элементы орбит 45 метеоритов. Атлас. М., 1975.

³ Дивари Н. Б. // Астрон. журнал. 1948. XXV. Вып. 1. С. 66—73.



Два варианта границы зоны рассеяния Сихотэ-Алинского метеоритного дождя: большой овал — по современным данным, малый — по данным 1947—50 гг. В южной части схемы между Большим и Малым Метеоритными ключами находится кратерное поле. К нему примыкает так называемая зона сплошной выборки метеоритов поверхностного рассеяния (обведена ломаной черной линией). Восточнее Большого Метеоритного ключа метеориты собирались на пробных площадках размером 25×25 и 100×100 м (цифры показывают число находок на данной площадке).

лила неверную стратегию полевых работ на Сихотэ-Алине: метеориты искали лишь в узкой области, примыкающей к кратерному полю с севера, в то время как реальная зона рассеяния простирается еще на 10 км к северо-северо-востоку и отделена от кра-

терного поля ключом с заболоченными берегами.

Позднее наблюдения Сихотэ-Алинского болида очевидцами были повторно обработаны И. Т. Зоткиным и А. Н. Чигориным по новой методике⁴. Полученная ими траектория Сихотэ-Алинского метеорита хорошо совпадает с определениями Дивари. Те же исследователи, применив свой метод к наблюдениям очевидцами Тунгусского болида, получили вариант траектории, хорошо согласующийся с картиной вывала леса в районе Тунгусского падения.

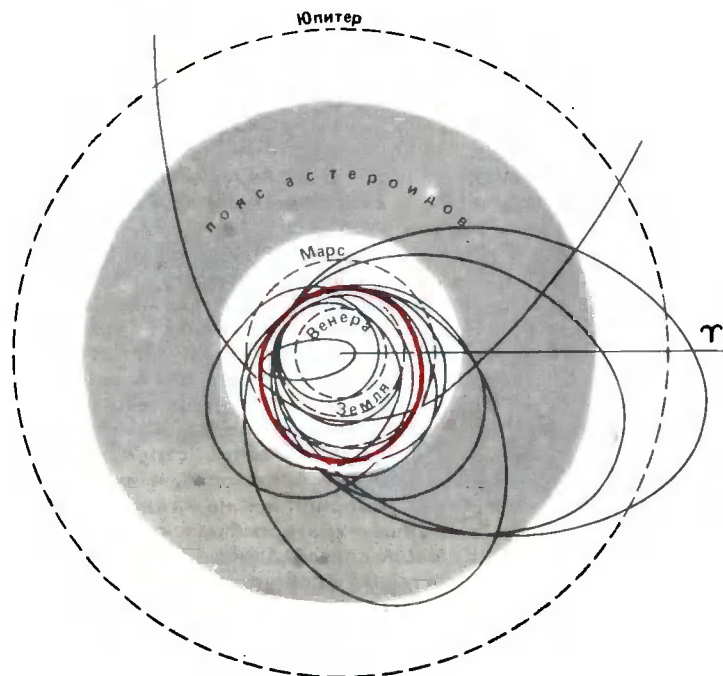
Возвращаясь к рассеянию метеоритного дождя, следует сказать, что корреляция между вытянутостью зоны рассеяния и направлением траектории метеорита действительно существует. Но пример Сихотэ-Алинского падения показывает, что ошибки в определении границ зоны рассеяния влияют на оценку этого направления. Впрочем, имеется и другой критерий ориентации зоны рассеяния, связанный с ее структурой. Дело в том, что при атмосферном дроблении образуются фрагменты разной величины, которые по-разному тормозятся атмосферой, и в результате крупные обычно пролетают дальше мелких. На основе этой закономерности Ю. А. Горичкий и автор статьи предложили определять вероятный азимут траектории метеоритного тела по картине рассеяния разноразмерных составляющих метеоритного дождя⁵.

В дальнейшем оказалось, что из структуры зоны рассеяния можно извлечь и другую информацию о процессе дробления и сортировки, в частности определить скорость метеорита в области его дробления. Для этого нужно провести модельные расчеты рассеяния фрагментов разной массы, варьируя высоту области дробления, скорость в той области, где оно происходит, и добиваясь наилучшего приближения модельной картины рассеяния к реальной, зафиксированной в месте падения. Эта оценка скорости, в свою очередь, дает возможность построить вероятную орбиту метеорита, что особенно ценно при крайней скудности астрономических данных об этих телах.

Правда, применимость метода сильно ограничивается тем, что расчет возможен лишь для активно дробившихся в атмосфере тел, породивших метеоритные дожди. И все же автору удалось собрать данные

⁴ Зоткин И. Т., Чигорин А. Н. // Метеоритика. 1975. Вып. 34. С. 33—41.

⁵ Цветков В. И., Горичкий Ю. А. // Астрон. вестник. 1973. № 7. С. 160—166.



Орбиты метеорных тел, породивших метеоритные дожди. Орбита Сихотэ-Алинского метеоритного тела (выделена цветом) типично астероидная, но имеются также орбиты с афелиями вне пояса астероидов, напоминающие орбиты комет семейства Юпитера или Урана.

о 14 достаточно обильных и хорошо закартированных метеоритных дождях и вычислить для них вероятные орбиты⁶. Главный результат — разнообразие типов полученных орбит. Хотя большинство из них может быть отнесено к астероидным орбитам типа Аполлона с перигелием в районе орбиты Земли и афелием в поясе астероидов, встречаются орбиты типа Атона (целиком лежащие внутри орбиты Земли) и типично кометные. Другой интересный вывод — отсутствие корреляций между петрохимическим типом метеорита и типом орбиты.

Считается, что различие в составе метеоритов обусловлено прежде всего тем, что разные их типы сформировались на разных гелиоцентрических расстояниях из протопланетного вещества разного состава. В этом смысле отсутствие корреляций между типом орбиты и типом вещества, казалось бы, представляет собой некий негативный результат. Однако можно заключить, что орбита, с которой метеорит попадает на Землю, определенно отлична от орбиты, на которой он сформировался. Изменения при переходе с одной орбиты на другую, по-видимому, столь значительны, что метеорит уже «не помнит» о месте своего рождения.

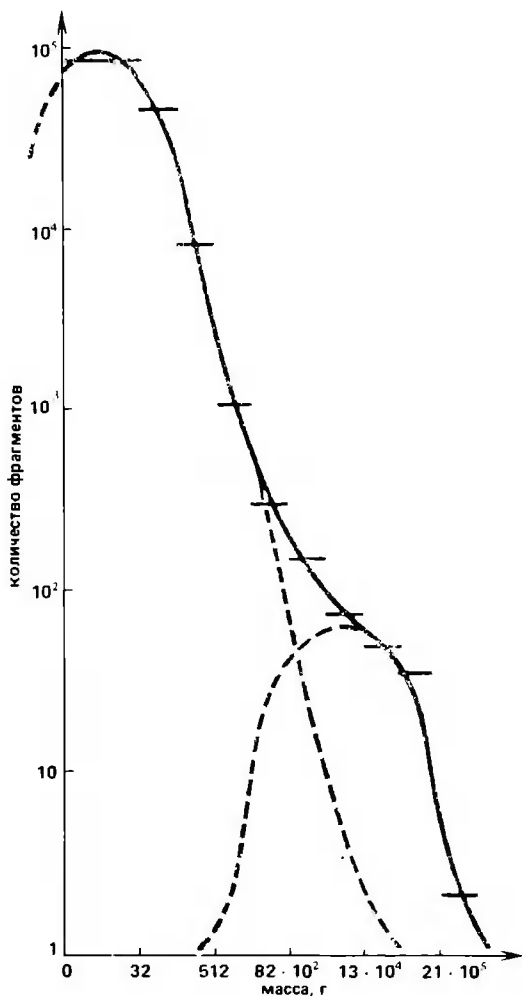
ДРОБЛЕНИЕ И РАССЕЯНИЕ

Изучение рассеяния Сихотэ-Алинского метеорита сыграло первостепенную роль в разработке метода расчета метеоритных орбит, о котором шла речь. Нигде в мире нет такого статистически представительного материала по рассеянию: более 7 тыс. метеоритных обломков, возникших при дроблении метеорита в атмосфере, собрано на Сихотэ-Алине, причем места их находок точно отмечены на карте. К тому же эти фрагменты сильно отличаются друг от друга по массе, что позволяет выявить атмосферную сортировку при широком диапазоне масс.

Самые большие из достигших поверхности фрагментов имели массу более 1 т, а самые мелкие — менее 1 г. Вообще говоря, такой большой разброс конечных продуктов дробления нуждается в специальном объяснении, так как монотонное возрастание давлений на лобовую поверхность метеорита при движении в атмосфере последовательно дробящегося метеоритного тела должно выравнивать массы образующихся фрагментов. Дело в том, что разрушение всегда происходит по самому слабому месту, а оно с большей вероятностью встретится в крупном куске, чем в мелком.

Наличие очень крупных и очень мелких фрагментов в продуктах дробления следует рассматривать как указание на крайнюю не-

⁶ Подробнее см.: Цветков В. И. // Геохимия. 1987. № 8. С. 1198—1200.



Распределение фрагментов Сихотэ-Алинского метеоритного дождя по массам. Его можно представить как сумму двух составляющих (в каждом из которых распределение логарифмически нормальное), отвечающих разным структурным компонентам метеорита: монокристаллической гексаэдритовой (породившей крупные фрагменты) и поликристаллической октаэдритовой (ответственной за мелкие обломки).

однородность исходного тела. Этому есть веские основания: Сихотэ-Алинский метеорит относится к классу грубоструктурных октаэдритов, составленных из камаситовых балок и пластин достаточно большого размера.

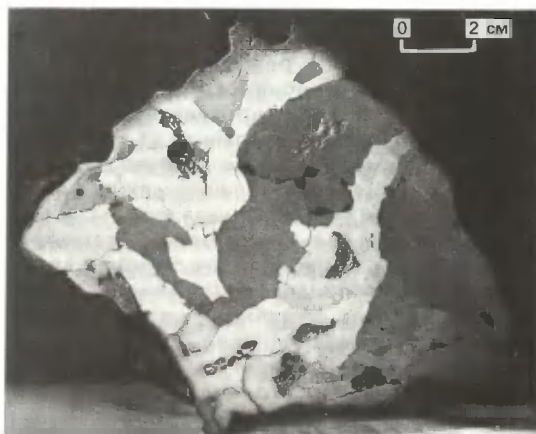
Вообще размер структурных элементов в октаэдрите определяется прежде всего содержанием никеля: чем его меньше, тем крупнее элементы. Существует критическое содержание, при котором структура

становится монокристаллической гексаэдритовой. Содержание никеля в Сихотэ-Алинском метеорите близко к критическому, поэтому даже незначительные флуктуации его содержания могли привести к возникновению в пределах одного тела обеих структур — октаэдритовой и гексаэдритовой. Их разная прочность и обусловила образование осколков разных размеров.

Именно редкой структуре Сихотэ-Алинского метеорита следует приписать сосуществование метеоритных кратеров и большого количества рассеянных по поверхности мелких метеоритов, не наблюдаемое в других случаях. Вряд ли целесообразно, например, искать мелкие индивидуальные экземпляры метеоритов вблизи кратерных полей Каали или Хенбери: структура этих метеоритов более однородна, и их дробление могло завершиться на стадии образования крупных кратерообразующих обломков. Крайний случай однородности структуры представляет собою, по-видимому, Тунгусский метеорит: при движении в атмосфере он довольно долго оставался единым телом, а затем резко (взрывоподобно) рассыпался на очень мелкие части. Эта идея недавно выдвинута И. Т. Зоткиным.

МЕЛКОДИСПЕРСНОЕ ВЕЩЕСТВО

Сколько-нибудь крупные фрагменты Тунгусского метеорита, как известно, не найдены. Очень много проблем и с мелкодисперсным веществом, обнаруженным в виде микроскопических силикатных и магнетитовых шариков в почвах, торфах и других природных субстратах района падения. Пред-



Полированный срез одного из фрагментов Сихотэ-Алинского метеорита. Видны крупнокристаллические структурные элементы, по границам которых шло его дробление.



Один из мелких фрагментов Сихотэ-Алинского метеорита, представляющий собой продукт атмосферного дробления. Хотя он сохранил внутреннюю структуру, видны следы атмосферной обработки. Хорошо просматриваются также элементы октаэдрического сложения. Натур. величина.

полагается, что они образовались из расплавленного при сильном трении и сорванного потоком воздуха вещества Тунгусского метеорита. Пока не доказаны ни космогенность этого вещества, ни его приуроченность к событию 1908 г. Но даже если это будет сделано, останутся серьезные вопросы о распределении его по поверхности Земли, миграции за время, прошедшее со дня падения, и т. д. — иначе не оценить количество этого вещества.

Значительную помощь в решении этих вопросов могло бы оказать изучение мелкодисперсного метеоритного вещества на Сихотэ-Алине, где оно изучено детально и идентификация его достаточно проста. К тому же

меньший масштаб явления существен для сокращения площади работ, хорошо известны параметры траектории, имеются метеорологические данные о моменте падения — все это определяет вероятный район выпадения продуктов абляции метеорита в атмосфере. В этом районе можно найти и типы грунтов, соответствующие тунгусскому району. Словом, на Сихотэ-Алине имеются все возможности построить модель поведения вблизи поверхности Земли мелкодисперсного космического вещества, образующегося при пролете метеоритов в атмосфере. Вполне вероятно, что эта модель окажется применима и к Тунгусскому метеориту.

Таким образом, намечаются пути взаимодействия при исследовании двух крупнейших феноменов метеоритики XX в.: меньший, детально изученный и хорошо понятый, может служить своеобразным полигоном для опробования идей и методик, которые могут пролить свет на природу большего, необычного и таинственного.

ВРЕДИТЕЛЬСТВО...

В деле изучения солнечного затмения

Н. В. Успенская
Москва

19 августа Главной астрономической обсерватории АН СССР в Пулкове исполняется 150 лет. «Природа» — почти вдвое моложе, но она успела отметить несколько знаменательных дат этого важнейшего научного учреждения страны и в ближайшее время — ко дню юбилейных торжеств, которые будут проходить 10 октября, — предполагает рассказать о его современных достижениях и проблемах. А сегодня — речь о другом. Наши публикации, рисовавшие долгую и сложную историю Пулковской обсерватории, еще не коснулись, может быть, беспрецедентного по своей силе удара, который нанес ей 1937 год. Он вырвал из ее рядов выдающихся ученых, возвращавших ей былую славу «астрономической столицы мира». Участниками рассказа, воссоздающего некоторые общие черты этого трагического события, будут ряд ученых и генерал-лейтенант юстиции в отставке Б. А. Викторов.

В 1957 г., когда уже шла первая волна реабилитации жертв сталинских репрессий, известный американский астроном Отто Струве, правнук основателя Пулковской обсерватории, с горечью и обидой заявил, что считает своим долгом «исправить, может быть, самую чудовищную несправедливость в истории астрономии со времен Галилея»¹. Статья, из которой взяты эти строки, написана Струве с намерением восстановить честь, достоинство и научную известность его учителя по Харьковскому университету и многолетнего друга — Бориса Петровича Герасимовича, бывшего до 1937 г. директором Главной астрономической обсерватории (ГАО АН СССР) в Пулкове.

Двадцать лет Струве пребывал в неизвестности о судьбе Герасимовича, но не делал по этому поводу никаких заявлений — боялся ему навредить. Накануне ареста Герасимовича он получил записку без подписи, в которой «каждое слово было пропитано чувством страха и отчаяния». Герасимович сообщал, что у него большие неприятности и он вынужден прекратить со Струве все связи.

Мировая научная общественность была потрясена разгромом советской астрономии, учиненным в 1936—1937 годах в Ленинграде. Аресту подверглась большая группа сотрудников Астрономического института (ныне Институт теоретической аст-

рономии — ИТА АН СССР), включая директора, члена-корреспондента АН СССР Бориса Васильевича Нумерова, а также сотрудников Пулковской обсерватории, включая Б. П. Герасимовича.

Это выплеснулось на страницы журналов «Nature», «Acta Astronomica», «Popular Astronomy» и др., где публиковались имена репрессированных. Списки были неполные, поскольку преступная акция проводилась с минимальной оглаской. На Конгрессе Международного астрономического союза, проходившем в августе 1938 г. в Стокгольме, советская делегация отсутствовала.

Но наступил, напоминая, 1957 год. Те, кому выпал жребий выжить, возвращались из заключения. И стало доподлинно известно, что никогда не вернутся Б. В. Нумеров, Б. П. Герасимович и его ближайшие сотрудники.

Струве лихорадочно листал советские газеты и журналы, самые свежие работы по истории русской и советской астрономии, но не находил в них имен по-смертно реабилитированных ученых. «Не было напечатано ни одного некролога о Герасимовиче», — сокрушался Струве. «Никогда в наши времена смерть астронома подобной величины не обходилась без хотя бы краткой статьи о его жизни и работе». Наконец: «Нет официального сообщения о предъявленном ему обвинении».

Увидеть в советской печати даже краткую статью о Герасимовиче Струве

¹ Struve O. About a Russian Astronomer // Sky and Telescope. 1957. Vol. 16. № 8. P. 379.



Главная астрономическая обсерватория АН СССР в Пулкове. Современный вид.

так и не довелось — не дожил. Она появилась лишь в 1979 г., первое обстоятельное историко-научное исследование — только в 1989 г.² Увы, слова Струве, сказанные тридцать с лишним лет назад и продиктованные участием к одной трагической судьбе, все еще приложимы к большому числу судеб. Но было бы великой несправедливостью винить в этом нашу научную гвардию, не забывавшую о горькой участи своих собратьев и учителей. Наиболее достойные ее представители самоотверженно защищали их даже в самые опасные времена. Среди многих доказательств этого — письмо, написанное на рубеже 1938—1939 г. академиками С. И. Вавиловым и Г. А. Шайном на имя Прокурора СССР А. Я. Вышинского³.

«Число активно работающих астрономов у нас невелико (80—90 человек), — говорится в письме, — и поэтому арест большой группы (человек 20) резко броса-

ется в глаза. Дело усугубляется еще и тем, что среди арестованных имеются наиболее крупные астрономы. Едва ли будет преувеличением, если сказать, что советская астрономия потеряла в своем удельном весе не меньше 30 процентов».

Вавилов и Шайн мужественно заявляют: «Некоторых из осужденных мы знали много лет, и нам представлялось, что они были лояльными советскими гражданами. Они всегда принадлежали к передовой русской интеллигенции...» И позволяют себе опасный намек: «Некоторые... из журналов, например «Nature» и др., до сего времени последовательно и решительно выступают против преследования ученых и науки в фашистских странах». Истощав доводы, Вавилов и Шайн просят о «пересмотре дела или предоставлении работы осужденным лицам по специальности на окраинных обсерваториях или в университетах».

Как и у Струве, в письме Вавилова и Шайна звучит утверждение: «Характер обвинения мы не знаем».

В марте 1989 г. на запрос нынешнего директора ГАО В. К. Абалакина из Управления по Ленинградской области КГБ СССР была получена официальная справка на 6 страницах, содержащая краткие, протокольного характера выписки из дел по осуждению и реабилитации 10 сотрудников ГАО. В справке говорится, что в течение

² См.: Огородников К. Ф. Памяти Б. П. Герасимовича // Развитие методов астрономических исследований. Сер. «Проблемы исследования Вселенной». М.—Л., 1979. Вып. В. С. 509—515; Еремеева А. И. Борис Петрович Герасимович. 1889—1937 // Историко-астрономические исследования. 1989. Т. XXI.

³ Архив АН СССР. Ф. 596. Оп. 3. Ед. хр. 14. Л. 2.

только одного года — во второй половине 1936 и первой половине 1937 гг. — в Ленинграде и области по подозрению «в участии в фашистской троцкистской террористической организации, возникшей в 1932 г. по инициативе германских разведывательных органов и ставившей своей целью свержение Советской власти и установление на территории СССР фашистской диктатуры», была арестована большая группа сотрудников различных научных учреждений — свыше 100 человек.

Это страшно читать... Как возникла и распространялась уголовно-политическая эпидемия, начавшая косить науку Ленинграда? Нам известны лишь фрагменты, которые часто соединяют произвольными предположениями. До полной картины еще далеко — это дело будущего историка, перед которым откроются спецзахоронения секретных архивов. Но и теперь мысль о возможности заглянуть за строки официальной версии уже не казалась нереальной.

В поисках документальной основы я обратилась к генерал-лейтенанту юстиции в отставке Б. А. Викторову, который в 1955—1967 гг. был заместителем Главного военного прокурора и возглавлял аппарат, занимавшийся пересмотром следственных дел периода массовых репрессий — в основном дел военнослужащих. В последние годы имя Б. А. Викторова стало знакомо многим — оно связано с рядом публикаций, раскрывающих историю истребления талантливейших советских военачальников. Известно также, что он изучал и готовил материалы для реабилитации Н. И. Вавилова и С. П. Королева⁴.

Борис Алексеевич сообщил, что в Архиве Главной военной прокуратуры есть интересные меня сведения, любезно согласился просмотреть дела Нумерова, Герасимовича и некоторые другие, сделал для себя выписки и опирался на них во время наших бесед.

Меня прежде всего интересовали малоизвестные, последние страницы жизни Бориса Васильевича Нумерова, члена-корреспондента АН СССР, основателя и первого директора нынешнего Института теоретической астрономии АН СССР, члена ученого совета ГАО. Среди людей, за жизнь которых боролись Вавилов и Шайн, он мне представлялся по диапазону своей чрезвычайно активной научной деятельности самой примечательной фигурой.

Крупнейший астрометрист и теоретик в области небесной механики, он создал для определения орбит и меняющихся координат малых планет новый метод интегрирования дифференциальных уравнений — так называемый метод экстраполирования, который впоследствии получил распространение в прикладной математике и баллистике. Разработал ряд методов определения формы и размеров аномальных подземных масс по данным гравиметрической разведки. При помощи маятниковых приборов и вариометров, над конструкцией которых много работал, выявил залежи нефти на Эмбе, оз. Баскунчак, в районе Грозного, Кривого Рога, Донбасса, Урала и других местах. Организовал гравиметрическую съемку всей территории страны. Кроме моделирования гравиметрических приборов, Нумеров работал над изготовлением астрономических инструментов оригинальной конструкции, создав у себя в институте конструкторско-механический сектор. По инициативе Нумерова и при его непосредственном участии началось строительство первой в стране астрофизической обсерватории в Абастумани.

Те, кто знал Нумерова, вспоминают его интеллектуальный блеск и энергию, особую легкость, которую он умел вносить во взаимоотношения с людьми и в самые трудные дела, его артистический темперамент, любовь к музыке (у себя дома он играл на фисгармонии, рояле и даже органе), живописи и архитектуре.

— Нумеров был крупнейшим геофизиком, — рассказывает Виктор Кузьмич Абалякин. — Тресты «Эмбанефть» и «Грознефть» созданы только благодаря его гравиметрическим изысканиям. В США ему дали карты нефтяных полей Техаса, он сопоставил эти данные со своими и пришел к выводу, что гравиметрическая разведка дает довольно точные сведения о залегании пластов. И. М. Губкин очень высоко ставил Нумерова. Геофизик, геодезист, астроном, оптик — все на высочайшем уровне и все в одном лице. Это удивительно!

Невольно думалось: да, это была крупная и, по-видимому, заманчивая мишень для стрелков из НКВД.

— В чем конкретно и на основании чего обвинили Нумерова, — спрашиваю Б. А. Викторова.

— В деле значит, что Б. В. Нумеров (р. 29 января 1891 г., Новгород) арестован в октябре 1936 г. Ему сформулировали ни много ни мало такое обвинение: по заданию агента германской разведки создал в 1930 г. фашистскую террористическую

⁴ См. Викторов Б. А. // Наука и жизнь. 1988. № 5. С. 78—82.



Борис Васильевич Нумеров (1891—1941).

организацию. В 1933 г. установил связь с представителями троцкистско-зиновьевской оппозиции и завербовал целый ряд лиц. Занимался вредительством, направленным на срыв разведки полезных ископаемых и освоения отечественной аппаратуры. Передавал Рейнике, Кольшутеру и Бляшеку, фашистским агентам, сведения оборонного значения. По данным нашего особого архива установлено, что упомянутые лица не значились в списках германских разведывательных служб. Разумеется, и приборы, с которыми Нумеров знакомил зарубежных гостей, к числу секретных не относились. 25 мая 1937 г. Нумерова приговорили к 10 годам лишения свободы, а уже во время отбывания наказания в Орле по команде, данной из Москвы 13 сентября 1941 г., без дополнительного расследования и даже допроса, расстреляли. Это связано с тем, что над Орлом нависла угроза оккупации фашистами.

— Его жене Екатерине Ефимовне Нумеровой, — продолжает Б. А. Виктор, — вменили в вину, что она знала о контрреволюционной деятельности мужа и не сообщила об этом. В сентябре 1937 г. ее осудили на 5 лет, что было незаконно



Борис Петрович Герасимович (1889—1937).

даже по тем временам. До 1953 г. у нас действовал такой закон в отношении жен военнослужащих и их взрослых детей. Но Нумерова под него не попадала. Она была нами реабилитирована не только в связи с реабилитацией мужа, но и с чисто формальной незаконностью привлечения к суду.

Я не сразу решилась задать следующий вопрос. Теперь известно, как фабриковались дела «врагов народа». Но до недавнего времени нет-нет да и проскальзывало мнение, что аресты ученых, последовавшие за арестом Нумерова, связаны с протоколом, который его вынудили подписать на следствии. Об этом со слов пулковцев писал И. С. Шкловский (прямо скажем, без должного такта)⁵. Что показывают документы?

— Дело Нумерова, — ответил Б. А. Виктор, — вел следователь Лупекин — большой «мастер». Вдаваться в подробности его методов не хотелось бы. Достаточно сказать, что за свое «усердие» он был предан суду. Неудивительно, что Нумеров во

⁵ Шкловский И. С. // Энергия. 1988. № 6. С. 42.

время следствия признался в предъявленных ему обвинениях с перечислением большого числа членов его «террористической организации». Наивно думать, что этот список сыграл решающую роль — некоторые из названных в нем лиц вообще не привлекались к ответственности. Просто была задумана и осуществлена расправа над большой группой крупных ученых.

До нас дошли два письма Нумерова — от 13 июля 1937 г., тайно переданное из «Крестов», и от 20 декабря 1940 г. из Орловской тюрьмы⁵. В первом, адресованном Президиуму АН СССР, он говорит, что его принудили к фиктивным показаниям, а суд, на который он, видимо, надеялся, также оказался трагическим фарсом — продолжался «в течение нескольких минут, без вызова свидетелей, других обвиняемых, без защиты, без сопоставления фактов».

«Такое несправедливое отношение ко мне и другим научным работникам астрономии, — заявляет Нумеров, — естественно, вызывает глубокую обиду, и встает вопрос: неужели члены правительства не могут вмешаться и восстановить истину? Кому нужны такие надуманные процессы?» В «Крестах» он написал на клочках бумаги, карандашом три новых работы: «Автоматическая машина» (в последние годы он разрабатывал идею автоматической интегрирующей машины); «Теория больших планет»; «Определение склонений».

В письме из Орловской тюрьмы Нумеров сообщает, что послал на имя Молотова работу по астрометрии (три тетради). «Обидно, что дело стоит и не движется, как надо бы... Какая польза для страны в этом — мне неизвестно».

По словам Б. А. Викторова, проверка показала, что некоторые работы Нумерова из аппарата Молотова посылались в 1940 г. академику В. Г. Фесенкову.

В архиве Фесенкова, искреннего друга пулковцев, защищавшего их во время одной из комиссий накануне арестов, следов этих поступлений найти не удалось. Но В. К. Абалакин рассказал мне, что к М. Ф. Субботину — директору ИТА с 1942 г. по 1964 г. — каким-то образом попала работа Нумерова «К вопросу определения фундаментальных склонений звезд и систематических ошибок вертикального круга», которая прошла через многие бережные руки, но опубликована только теперь, в 1987 г., в «Известиях ГАО» (№ 204).

— Работа значительная, — считает В. К. Абалакин, — в 1981 г. в Австрии проходил интереснейший симпозиум, где сообщалось о новых построениях в астрометрии. Некоторые докладчики независимо пришли к тому, к чему Нумеров пришел за 40 лет до этого. Если бы статья увидела свет в свое время, это сильно продвинуло бы нас вперед. Уже после ареста Нумерова некоторые его труды, написанные раньше, публиковались анонимно — как работы Астрономического института⁷.

— Когда научные работы, написанные в тюрьме, — говорит Б. А. Викторов, — пересылались научным работникам, притом порядочным людям, мне дальнейшее предположить сложно. Но я совершенно уверен, что труды крупных ученых, осевшие в НКВД, не уничтожались. Например, работа, написанная в тюрьме Вавиловым⁸, была доложена Кобулову, помощнику Берии, впоследствии, как и он, расстрелянному. Работу мы не нашли. Нет никаких следов. Это скорее всего означает, что ее пытались использовать.

Но вернемся к Нумерову. Теперь его заслуги широко известны. Его дочь — Анастасия Борисовна — написала о нем книгу⁹. В доме ее — целый музей документов и фотографий. Первая статья о Нумерове появилась в 1963 г.¹⁰, и с тех пор опубликовано немало статей и воспоминаний¹¹. Но до последнего времени существовал редко нарушаемый «обычай» не говорить об аресте и расстреле — просто «жизнь трагически оборвалась»¹².

— Об этом времени вспоминать очень тяжело, — рассказывает мне старейший сотрудник ГАО Андрей Антонович Немиро.

⁷ Абсолютные возмущения полярных координат астероидов от внешних планет // Бюлл. АИ. 1937. № 42. С. 35—37; Ориентировка системы и определение систематических ошибок фундаментального каталога по наблюдениям малых планет // Там же. С. 75—83.

⁸ Имеется в виду труд Н. И. Вавилова «Мировые ресурсы земледелия», написанный осенью 1941 г. в тюрьме за невероятно короткое время.

Нумерова А. Б. Борис Васильевич Нумеров. Л. 1984.

¹⁰ Яхонтова Н. С. Борис Васильевич Нумеров. К семидесятилетию со дня рождения // Бюлл. ИТА. 1963. Т. 9. № 3. С. 213—215.

См., напр., подборку материалов: / Земля и Вселенная. 1981. № 3. С. 48—54.

¹² Недавно в ленинградской газете «Смена» от 31 марта 1989 г. появился очерк: Сидоровский Л. Звезды и тернии. Рассказ о ленинградских астрономах, ставших жертвой сталинского беззакония.



На VI Конференции по переменным звездам. Москва, 1936 г. Сидят: в центре — Б. П. Герасимович, второй справа — В. А. Амбарцумян. Стоят: первый слева — Б. А. Воронцов-Вельяминов, шестой Н. А. Козырев.

Исчезал то один, то другой, а потом и их жены. Помню, приезжали официальные лица, кажется, из НКВД, и рассказывали, что в Астрономическом институте и в Пулкове обнаружена и обезврежена контрреволюционная организация. Этому не верилось. Состояние было самое подавленное. Последним арестовали Бориса Петровича Герасимовича.

— Главная военная прокуратура, — говорит Б. А. Виктор, — пересматривала также дело Б. П. Герасимовича (р. 19 марта 1889 г., Кременчуг) и его супруги Ольги Михайловны, которая была осуждена на 8 лет лишения свободы. Она обращалась за помощью в прокуратуру, центральные органы и персонально к Молотову — из лагеря в Потьме в октябре 1939 г. Писала, что у нее отняли маленькую дочь Татьяну. Даже приложила документ, что девочка на учете в тубдиспансере. В архиве есть заявления 1939 г. на имя Молотова и Прокурора СССР от О. П. Парпутти, в которых она также просит пересмотреть дело Герасимовича.

«Мне неизвестно, — пишет она, — в чем обвиняется мой брат, но я всегда знала его как честного человека, неспособного на какой-либо дурной поступок, а тем более я не могу допустить мысли, чтобы он мог сделаться тяжким преступником против Советской власти, о которой он говорил как о единственной власти, могущей в полной мере обеспечить культурное развитие народа и процветание науки».

Последнее утверждение, похоже, не было слишком усилено обстоятельствами. «Он был полон энтузиазма от впечатляющего продвижения науки при Советском правительстве», — свидетельствует Отто Струве¹³. Родом из дворян, Герасимович в 1906 г. был исключен из Полтавской гимназии за участие в революционном движении. Сидел в тюрьмах. Экстерном сдал экзамены, поступил в Харьковский университет, где стал одним из двух любимых учеников отца Отто Струве — Л. О. Струве (на первом месте был В. Г. Фесенков). По окончании университета хотел продолжить образование за границей, но не получил разрешения на выезд по причине «неблагонадежности».

¹³Struve O. Op. cit. P. 80.

После революции весьма способствовал «впечатляющему продвижению науки» сначала в Харьковском университете, а потом в Пулковской обсерватории, директором которой был назначен в 1933 г.

К моменту ареста Герасимович был в нашей стране астрофизиком номер один и работал на самых горячих направлениях. В числе первых астрономов в мире начал исследовать природу планетарных туманностей. Одним из первых указал на необходимость учитывать межзвездное поглощение света при изучении структуры и динамики Галактики. Применил оригинальный метод изучения межзвездного поглощения при помощи цефеид. Оказался среди немногих, кто уже тогда понимал астрофизическое значение космических лучей. На основе теоретико-вероятностных соображений получил оценки общего числа переменных звезд каждого типа. Широкой популярностью пользовались его монография «Физика Солнца» (1933, 1935), идеи которой привлекают внимание по сей день, и знаменитый двухтомный «Пулковский курс», в котором он выступал как редактор и автор многих глав¹⁴.

Четверо из авторского коллектива этой книги — пулковцы — были арестованы. Пятый автор и сотрудник ГАО Г. А. Шайн, в те годы работавший в Симеизском отделении и чудом избежавший общей участи, не переставал предпринимать усилия, чтобы помочь своим пострадавшим товарищам. Дочь Герасимовича Татьяна Борисовна с благодарностью вспоминает, как Шайн разыскал ее и взял под свою опеку. Под его крылом, в Крымской астрофизической обсерватории, еще в сталинские времена находили приют отбывшие «срок» и возвращавшиеся из заключения жены «врагов народа», в их числе и О. М. Герасимович.

Кроме родных, кроме Вавилова и Шайна, за семью Герасимовичей хлопотал и П. Л. Капица. В его архиве сохранились копии писем О. М. Герасимович и П. Л. Капицы, любезно переданные мне П. Е. Рубининым. Ольга Михайловна пишет Петру Леонидовичу из лагеря, находившегося в Коми АССР: «... Я обращаюсь к Вам как к человеку в высшей степени отзывчивому и прямому, как к ученому: помогите же проф. Герасимовичу, дайте ему возможность

реабилитировать себя, ведь он еще мог бы быть полезен нашей стране! Очень прошу Вас походатайствовать перед президентом Академии наук академиком Комаровым, депутатом Верховного Совета СССР, о пересмотре дела моего мужа, а также об отмене моего сурового наказания... Силы у меня уходят, и здоровье слабеет... Очень прошу помочь мне в моем страшном горе». Письмо датировано 1 декабря 1939 г.

27 декабря того же года П. Л. Капица обращается к заместителю Народного комиссара внутренних дел:

«Уважаемый товарищ Меркулов!

Сегодня я получил печальное письмо от жены арестованного проф. Герасимовича, которая находится в лагерях НКВД. Оригинал посылаю Вам с этим письмом.

Я знаю проф. Герасимовича как ведущего ученого-астронома, пожалуй, лучшего специалиста в Союзе по астрофизике. Конечно, было бы очень хорошо, если бы был возможен пересмотр его дела, как это просит его жена.

Его жену я не знаю и никогда с ней не встречался. Но поскольку сейчас членов семей арестованных возвращают, и в особенности если к ним не было предъявлено никакого обвинения, то был бы очень Вам благодарен, если бы Вы нашли возможным дать соответствующее направление просьбе О. М. Герасимович, чтобы дело ее было рассмотрено и она получила возможность вернуться к своей 6-летней дочери, с которой она находится в двухлетней разлуке.

Уважающий Вас П. Л. Капица».

Хлопоты, естественно, не возымели действия. Герасимовича к тому времени уже давно не было в живых. Его расстреляли 30 ноября 1937 г.

— Герасимовичу,— говорит Б. А. Викторов,— арестованному 29 июня 1937 г., было предъявлено обвинение в том, что он является участником фашистской, террористической, шпионской, вредительской организации, в которую завербован Нумеровым; готовил террористические акты против руководителей партии и советского государства; дважды передавал шпионские сведения иностранным разведкам — без указания, какой разведке, какие сведения, когда и кому. В следственное дело подложены выписки из показаний почти всех арестованных пулковцев, которые подтверждают, что они вместе с Герасимовичем входили в эту организацию. Никакой конкретики нет. Кроме одного, если можно так сказать, факта. Следствием якобы установлено, что

¹⁴ Амбарцумян В. А., Балановский И. А., Белопольский А. А., Герасимович Б. П. и др. Курс астрофизики и звездной астрономии. Ч. 1. Л., 1934; Ч. 2. М., 1936.



Б. П. Герасимович и С. Чандрасекар с группой сотрудников Симензского отделения Пулковской обсерватории. Первый слева — Г. А. Шайн.

Герасимович проводил вредительство в деле изучения солнечного затмения. Это главный козырь обвинения.

Чудовищная по своей нелепости версия! Но на какой почве она произросла — понятно. Последние годы жизни Герасимовича были связаны с организацией и обработкой итогов наблюдения солнечного затмения 1936 г., исключительно благоприятного для изучения в СССР. Вся полоса полной фазы пролегла по нашей стране — от западных границ до Дальнего Востока. Впервые разрабатывалась единая программа наблюдений, определялись задачи станций, специально изготовлялись приборы. Всем этим руководил Герасимович.

На территории Союза работали десятки советских и зарубежных экспедиций. По свидетельству очевидцев, Пулково, да, по-видимому, и Астрономический институт (Нумеров возглавлял уральскую экспедицию), были наводнены иностранными учеными. Сначала согласовывались действия, потом обсуждались результаты. Все прошло удачно. Были получены ценные сведения о

движениях в короне. Но в 1936 г. такие крупномасштабные международные мероприятия таили в себе опасность. Как, впрочем, и постоянные, тесные связи с зарубежной наукой, которые были для Нумерова и Герасимовича одной из неотъемлемых сторон жизни.

Находясь в командировке в США (1926—1929), Герасимович попал в сферу внимания самых видных астрономов и работал в крупнейших обсерваториях. Совместно с В. Лейтеном он определил расстояние Солнца от галактической плоскости, стал соавтором Д. Мензела в пионерской работе об источниках энергии звезд и получил за это премию Нью-Йоркской академии наук, вместе с О. Струве рассмотрел физические условия в межзвездном газе с точки зрения образования линий поглощения.

Продолжавшиеся дружеские, доверительные отношения с американскими коллегами в те годы при желании нетрудно было истолковать в криминальном духе. «Герасимович просил меня покупать для него научные книги и периодику, — вспоминает О. Струве, — и в течение нескольких лет иногда присылал мне по почте банкноты в 5 или 10 долларов, которые он, вероятно, покупал на черном рынке в России.

После того, как наши большие денежные купюры были заменены купюрами меньшего размера, приходившие от Герасимовича деньги старого образца приносили мне некоторые затруднения. Мой банк хотел знать, зачем я накопил старые купюры и кладу их на мой счет по одной. В 1947 г. я вернул через моих друзей находившиеся на этом счете деньги семье Герасимовича¹⁵.

Даже если отбросить домысел Струве о «черном рынке» (сомнительно и то, что посылаемые им доллары доходили до семьи Герасимовича), приведенный эпизод не совмещается в мыслях с обстановкой шпиономании, в которой жил Герасимович и которой не замечал, «полный, — как мы помним, — энтузиазма от впечатляющего продвижения науки».

Удивительно, как долго наши ученые не желали считаться с угрожающими реалиями времени. Приближался пик политических репрессий, а между Герасимовичем и самой талантливой молодежью Пулкова — Н. А. Козыревым, Д. И. Еропкиным и В. А. Амбарцумяном (к своему счастью, вскоре ушедшим из обсерватории) — возникла острая научная и личная конфронтация, вылившаяся на страницы газет¹⁶. Взаимные претензии были резки, а со стороны молодежи для убедительности даже утрированы политическими аргументами.

В Пулкове существует мнение, что эта конфронтация сыграла печальную роль. Того же не исключали Вавилов и Шайн и даже в своем письме 1939 г. на имя Вышинского сочли необходимым дать такое разъяснение относительно Пулкова: «...Там одно время царила склока. Это производило тяжелое впечатление и, может быть, в той или иной степени вызвало последующие события. Во всяком случае с полным сознанием ответственности можно утверждать, что здесь не было противопоставления старого молодому или вообще какого-нибудь политического элемента»¹⁷.

Я прошу Б. А. Викторова сказать, нашла ли эта ситуация отражение в материалах следствия.

— Да, — говорит Борис Алексеевич, — По документам видно, что между сотрудни-

ками были конфликты. В суть их я не входил, потому что следствие шло не по этому пути. Дело Герасимовича — это грубо слипованное дело, созданное руками следователя Карамышева, который допрашивал Герасимовича и добивался у него признания. Карамышев был осужден еще в 1939 г.

— С приходом Берии?

— Суть-то, как вы знаете, не в нем. Поймите, что происходило в 1939 — начале 1940-х годов. Кому-то даже выносились оправдательные приговоры, но ранее данные этими людьми показания оставались доказательством в отношении тех, чьи дела судебные органы не хотели пересматривать. Можно сказать, что какое-то необыкновенное, редкое счастье выпало на долю людей, которым довелось высочиться на волю в это страшное время. В их число попал ряд сотрудников Астрономического института и Пулковской обсерватории.

Именно тогда Вавилов и Шайн направляют свое второе (I) письмо Вышинскому (уже зам. председателя СНК СССР), копию которого передал мне Б. А. Викторов.

«... Мы, нижеподписавшиеся, академик С. И. Вавилов как депутат Верховного Совета РСФСР и как представитель научной общественности в области физики и академик Г. А. Шайн как представитель научной общественности в области астрономии, — говорится в письме, — уже обращались в свое время в соответствующие органы о пересмотре дела... Недавно дело Астрономического института было пересмотрено... Уже прошло 3 1/2 года, как осужденные Пулковские астрономы находятся частью в отдаленных лагерях, частью в тюрьмах... Большинство из заключенных, будучи слабы здоровьем и прежде, не смогут продержаться до конца срока... Мы очень просим о спешном пересмотре дела астрономов Пулковской обсерватории или по крайней мере о переводе их на работу по близкой им специальности в особые техбюро, так как все эти лица имеют хорошую подготовку по механике, физике и геодезии».

К письму приложен список фамилий астрономов, которых пытались вызволить из застенков Вавилов и Шайн. Десять мужских имен. Против каждого — их жены. Некоторые женщины выжили — им был определен меньший срок. Но со своими мужьями они не встретились. Список Вавилова и Шайна совпадает с перечнем погибших астрономов, выданным В. К. Абалакину в ЛУ КГБ СССР. О судьбе Нумерова и Герасимовича мы уже знаем. Об остальных в этом документе приводятся следующие сведения.

¹⁵ Struve O. Op. cit. P. 381.

¹⁶ Факты приведены в статье: Еремеева А. И. Борис Петрович Герасимович // Историко-астрономические исследования. Т. XXI. 1989.

¹⁷ Архив АН СССР. Ф. 596. Оп. 3. Ед. хр. 14. Л. 3.

Николай Иванович Днепровский (р. 1 ноября 1887 г., Москва). Заместитель директора Пулковской обсерватории. Арестован 4 декабря 1936 г. Выездной сессией Военной коллегии Верховного суда СССР 25 мая 1937 г. приговорен к 10 годам тюремного заключения. Место отбывания наказания и дальнейшая судьба не установлены.

Иннокентий Андреевич Балановский (р. 26 ноября 1885 г., Черкассы). Заведовал сектором астрофизики. Арестован 7 ноября 1936 г., 25 мая 1937 г. приговорен к 10 годам тюремного заключения. Других сведений нет.

Николай Васильевич Комендантов (р. 25 сентября 1895 г., Петергоф). Старший ученый специалист. Арестован 7 ноября 1936 г., 25 мая 1937 г. приговорен к 10 годам тюремного заключения. Других сведений нет.

Петр Иванович Яшнов (р. 27 июня 1874 г., Нижний Новгород). Научный работник обсерватории. Арестован 7 ноября 1936 г., 25 мая 1937 г. приговорен к 10 годам тюремного заключения. Умер 25 мая 1940 г. в тюрьме г. Дмитровска-Орловского.

Дмитрий Иванович Еропкин (р. 29 августа 1908 г., Петербург). Внук декабриста Д. И. Завалишина. До 8 марта 1936 г. научный сотрудник ГАО. Арестован 4 декабря 1936 г., 25 мая 1937 г. приговорен к 10 годам тюремного заключения. 20 января 1939 г. расстрелян по постановлению «тройки» в Грязовецкой тюрьме за «систематическую контрреволюционную фашистскую агитацию среди заключенных».

Максимилиан Максимилианович Муселиус (р. 25 ноября 1884 г., Петербург). Ученый секретарь Пулковской обсерватории. Арестован 10 февраля 1937 г., 25 мая 1937 г. приговорен к 10 годам заключения. Отбывал наказание в Вологде и 17 января 1938 г. по приговору «тройки» расстрелян.

Евгений Яковлевич Перепелкин (р. 4 марта 1906 г., Петербург). Заведовал отделом сектора астрофизики. Арестован 11 мая 1937 г. Спецколлегией Ленинградского областного суда в закрытом заседании, без участия обвинения и защиты, приговорен к 5 годам тюремного заключения. Отбывал наказание в Мариинском ИТЛ Красноярского края. Особой тройкой приговорен к расстрелу. Приговор приведен в исполнение 13 января 1938 г.

Из почти десятилетнего заключения вернулся один Николай Александрович Козырев (1908—1983). К моменту ареста ему

исполнилось 29 лет, но он уже был профессором, крупным исследователем физики звезд, разработавшим теорию протяженных атмосфер, которая легла в основу так называемой теории Козырева — Чандрасекара. Сразу же после освобождения в 1946 г., буквально через год, защитил докторскую диссертацию и увлекся разработкой спорной, как считает подавляющее число ученых, гипотезы (о неядерных источниках энергии звезд и их эволюции), которую обдумывал в заключении. («Страшная вещь для ученого — полная изоляция от научной жизни!» — заметил по этому поводу Шкловский¹⁸.) Но в 1950-х годах Козырев сделал ряд блестящих работ в области наблюдательной астрономии.

— Он выступал в Пулковке с феерическими докладами, — вспоминает А. А. Немиро. — Зал не вмещал всех желающих его слушать. Он действительно был светлой личностью. Его отличала какая-то необыденность. Беру на себя смелость сказать, что его открытие вулканизма на Луне — эпохальная работа. До тех пор считалось, что Луна — совершенно мертвое тело. И вдруг Козырев обнаружил извержение вулкана путем спектральных наблюдений. Можно сказать, что это случайно. Конечно, то, что Козырев направил телескоп в это место, и то, что в это время там началось извержение, случайно. Но он предполагал это. И никому не приходило в голову вести спектральное наблюдение Луны. Зачем? Когда она испускает отраженный свет. Это неперспективно. А Козырев имел другое мнение. Это характеризует его подход к науке, умение планировать наблюдения. Некоторые его работы не были признаны. Но я думаю, что вряд ли они полностью ошибочны. Во всяком случае вопросы, которые он поставил, вовсе не бессмысленны.

Козырев был неотразим. Им восхищались не только пулковцы. О нем писали А. И. Солженицын, Мариэтта Шагинян, Андрей Вознесенский. «Он был потрясающе здоров и силен, — рассказывает Шкловский... — Я всегда любовался его красотой, прекрасной фигурой и какой-то легкой, воздушной походкой. Он не ходил по каменистым тропам Симеиза, а как-то парил. А ведь сколько он перенес горя, сколько духовных и физических страданий»¹⁹.

Казенные строки документа, получен-

¹⁸ Шкловский И. С. // Энергия. 1988. № 6. С. 43.

¹⁹ Там же. С. 43—44.

ного В. К. Абалакиным из ЛУ КГБ СССР, восстанавливают неожиданные повороты малоизвестной части биографии Козырева. Он был арестован 7 ноября 1936 г. и 25 мая 1937 г. приговорен к 10 годам. Сначала находился в тюрьме г. Дмитровска-Орловского, затем этапирован в норильские лагеря и направлен геодезистом на Дудинскую мерзлотную станцию. Вскоре стал начальником станции, его расконвоировали. Но 10 января 1942 г. был опять судим Таймырским окружным судом за «контр-революционную агитацию» и получил новый срок — 10 лет. Его снова переводят в Норильск. Выполнял работу инженера по теплоконтролю, инженера-геофизика, был прорабом экспедиции на Хантайском озере, начальником отряда Нижне-Тунгусской геологоразведочной экспедиции...

В 1944 г. на имя Народного комиссара внутренних дел поступило ходатайство академика Шайна о досрочном освобождении Козырева в связи с «необходимостью восстановления разрушенных немцами центров астрономической науки». В борьбу за Козырева вступили также В. А. Амбарцумян, П. П. Паренаго, Б. А. Воронцов-Вельяминов, Н. Н. Павлов. Случилось невероятное — 14 декабря 1946 г. особым совещанием МГБ СССР Козырев был досрочно-условно освобожден с правом проживания в Ленинграде и Симеизе.

В кабинете у Козырева висела икона. Хоронили его по православному обряду. Все как в страшной сказке с умиротворяющим концом. Здесь можно было бы подвести условную черту под грустной пулковской эпопеей.

Но убийственная цепная реакция, как известно, продолжалась. Следственное дело Матвея Петровича Бронштейна, одного из самых талантливых профессоров Ленинградского университета, показывает «методы» ее распространения.

«Как выяснилось недавно,— пишет Рой Медведев,— папка от "дела" М. П. Бронштейна сохранилась, но она пуста — папка нет документов, по которым можно с уверенностью назвать следователя и автора доноса».²⁰ Это не совсем так. Историк и родные Бронштейна введены в заблуждение.

— Папка не пуста,— говорит Б. А. Викторов.— В ней справка на арест, составленная сотрудником НКВД Коркиным. Я могу назвать следователей, которые занимались

Бронштейном: Карпов, Лупандин, Шапиро. Последний был осужден, что же касается Карпова и Лупандина, то, по архивным документам, в 1939 г. был поставлен вопрос об их привлечении к ответственности, но состоялся ли суд — мне неизвестно.

Борис Алексеевич не раз предупреждал меня, что искать донощиков — попусту тратить время. Они, как и творцы «сценариев», далеко не всегда «попадали в кадр». Чаше всплывали, так сказать, «свидетели обвинения».

— В деле Бронштейна, в отличие от ранее упомянутых, фигурируют как бы конкретные «доказательства». Якобы Бронштейн во всеуслышание заявлял: «Троцкий ушел, но он еще себя покажет». «Если Троцкий придет к власти, я назовусь его племянником». Это «показания», выбитые у... Н. А. Козырева. Не очная ставка или перекрестный допрос, а выписка из «показаний» уже осужденного Козырева. Он потом рассказывал, что с ним делали.

Трудно такое слушать, трудно писать. Но и дальше — не легче. Бронштейн о своих мучителях поведать не успел.

— Когда Бронштейна, мягко говоря, допрашивали,— продолжает Б. А. Викторов,— он «признался», что его завербовал в фашистско-террористическую организацию Я. И. Френкель и что в ее составе были В. А. Амбарцумян, В. А. Фок, П. И. Лукирский, Л. Д. Ландау, В. Р. Бурсиан, В. К. Фредерикс, Ю. А. Крутков, Н. Н. Павлов. От других арестованных аналогичными «методами» были получены показания, что в эту организацию входили также Н. Н. Семенов и Н. И. Мухелишвили.

Грандиозные планы были у НКВД! Немного поколебавшись, я показала эту запись известному историку науки Виктору Яковлевичу Френкелю. Привожу его слова:

— Только те, кто прошел через такие же пытки и оказался не сломленным, могли бы упрекнуть своих товарищей по несчастью. Но, уверен, они этого не делали. Бронштейн был сотрудником моего отца, Якова Ильича Френкеля, и хотя Матвея Петровича я помню смутно, слышал о нем много — и в семье, и от его друзей. А последние несколько лет мы с Г. Е. Гореликом занимались биографией Бронштейна и написали о нем книгу, которая скоро выйдет в издательстве «Наука». Не буду здесь останавливаться на научных работах Бронштейна, так как знаю, что в «Природе» предполагается публикация на эту тему²¹, а скажу только, что в первой половине

²⁰ Медведев Р. // Книжное обозрение. № 18. 5 мая 1989 г. С. 10.

30-х годов его справедливо относили к числу самых способных физиков-теоретиков страны. Еще студентом он начал писать научно-популярные статьи, а потом прекрасные книги, адресованные как самой «маленькой аудитории», так и более взрослым школьникам. Это сблизило Бронштейна с писательскими кругами: его высоко ценили С. Я. Маршак и К. И. Чуковский.

— Мне говорили в свое время, — добавляет В. Я. Френкель, — что Матвей Петрович был арестован по «делу о вредительстве» в ленинградском издательстве «Детская литература» — по этому делу «проходили» Хармс, Н. М. Олейников, Г. Г. Белых и др. Из того, что мы узнали от Б. А. Викторова, видно, что это не так — Бронштейн был взят по «университетскому» делу. Кстати, расхожая легенда — что Бронштейн был племянником Троцкого — после сказанного Б. А. Викторовым приобретает микрорациональную основу. Но Матвей Петрович — не родственник Троцкого: фамилия Бронштейн очень распространенная. Это была шутка, искаженная при пересказе!

— И пущенная в ход лицом, имени которого мы никогда, наверное, не узнаем.

Б. А. Викторов:

— 10 февраля 1939 г. к Вышинскому обратилась жена Бронштейна, Лидия Корнеевна Чуковская. Говорила о научных заслугах мужа, уверяла, что он невиновен и просила разрешения послать ему книги для продолжения научной работы. Ее просьбу поддержал С. И. Вавилов. Сохранилось его короткое письмо Вышинскому. Л. К. Чуковской ответили, что Бронштейн осужден на 10 лет и находится в лагерях на северо-востоке страны, а Вавилову — что Бронштейн осужден со строгой изоляцией на длительный срок. Но все это была фикция. Бронштейна расстреляли сразу после суда — 18 февраля 1938 г. Мать Бронштейна обращалась к Сталину, «родному отцу, другу всех советских людей», взывала к справедливости. В деле значится, что ответ рассмотрен и оснований для пересмотра дела не имеется. Хотя никаких доказательств вины Бронштейна, конечно, не было. Кроме «показаний», которые будто бы дали Козырев и Крутков.

— Крутков? — в очередной раз недоумеваю я. — Это крупный физик-теоретик. И он был захвачен той же сетью?

— Да, Ю. А. Крутков представлен в

деле как руководитель контрреволюционной организации, состоящей из работников учебных заведений и научных учреждений Ленинграда. В нее якобы входили В. Р. Бурсиан, В. К. Фредерикс и Бронштейн.

Юрию Александровичу Круткову (1890—1952) выпал все же более счастливый поворот судьбы.

— Я встречал Юрия Александровича в конце 40-х годов в доме Софьи Владимировны Шостакович — матери великого композитора, близкой родственницы. Всеволода Константиновича Фредерикса, — вспоминает В. Я. Френкель. — Уже молодой человек с мягкими манерами, благородной внешностью — его облик соответствовал тому, что я слышал о нем в кругу своей семьи. Мой отец был, как и Крутков, стипендиатом рокфеллеровского фонда, и оказался вместе с ним в 1925—1926 гг. сначала в Гамбургском университете у В. Паули и О. Штерна, а потом — в Геттингене, у М. Борна. Замечательный человек и ученый, ученик знаменитого П. С. Эренфеста, Крутков выполнил ряд важных работ по квантовой теории (до создания квантовой механики), теории гироскопов и теории упругости, ему принадлежат тонкие исследования по статистической механике и теории броуновского движения. В 1933 г. он был избран членом-корреспондентом АН СССР.

— Еще в дореволюционные годы Крутков сдружился со своими молодыми петербургскими коллегами — В. Р. Бурсианом («Бурсом»), П. И. Лукирским («Луком»), В. К. Фредериксом («Фредом»), В. М. Чулановским («Чу»). Они называли Юрия Александровича «Крутом». Два десятка лет спустя по всем этим талантливым людям тяжело проехал 37-й год — счастливое исключение составил В. М. Чулановский. Бурсиан погиб в тюрьме в 1946 г., Фредерикс — в 1943-м. Он умер по дороге из лагеря в Ухте в московскую «шарагу»: заболел в поезде и был похоронен где-то в Горьком, городе своей юности. Петру Ивановичу Лукирскому повезло — он был выпущен на свободу в 1942 г. Крутков был освобожден через 10 лет после ареста (а произошел он в ночь на 31 декабря 1936 г.) и получил возможность работать в Ленинграде, в родном университете. Его лекции посещали и профессора, в числе которых были авторы знаменитых учебников — В. И. Смирнов и С. Э. Фриш.

— Теперь мы знаем, — продолжает В. Я. Френкель, — о годах, проведенных Крутковым в заключении. После тюрьмы

²¹ В портфеле редакции находится статья Г. Е. Горелика о М. П. Бронштейне, С. П. Шубине и А. А. Витте.

и суда он был направлен в Канские лагеря. Он вспоминал об этом, уже оказавшись в «туполевской шараге». Здесь его товарищами по несчастью стали и сам А. Н. Туполев, и С. П. Королев, и В. Н. Стечкин, и Ю. Б. Румер, и Л. Л. Кербер — заместитель Туполева, который написал об этих годах работы в специальном КБ при НКВД²².

Так рабски эксплуатировалась и истреблялась наша научная элита. И хотя многие фальсификаторы преступных процессов понесли наказание еще в 1939—1940 гг., ученых бросали и бросали в тюрьмы. Особенно страдал ненавистный Сталину Ленинград.

— Был в Ленинграде такой старший следователь, полковник Н. Ф. Кружков, — рассказывает Б. А. Виктор, — знаменитый тем, что занимался фабрикацией дел даже во время блокады, притом с большим размахом. Мы возбудили против него дело в середине 50-х годов (он уже был начальником УВД Новгородской области), когда пересматривали большой процесс, по которому проходили сотрудники Института точной механики и оптики, члены так называемого «союза старой русской интеллигенции», обвиненные во вредительстве. Все это было сфальсифицировано Кружковым при участии сотрудника этого института Е. Ф. Меркулова, которого мы тоже осудили. Меркулов — организатор дела, доносчик и провокатор — сам написал программу выдуманного «союза» и взял на себя роль его лидера. По его доносу и усилиями Кружкова были арестованы члены-корреспонденты АН СССР Н. В. Розе (умер во время следствия) и Н. С. Кошляков, профессора Б. И. Извеков, А. М. Журавский, В. А. Тимофеев, Г. Т. Третьяк, доценты В. Г. Строганов, А. В. Светлов, П. А. Соколов, С. С. Рузов, Н. Н. Худеков, Н. И. Постоева, инженер Ю. А. Зегжда. На допросах Кружков выбил у них показания еще на 50 научных работников Ленинграда. И готовил арест еще 150. Следствие велось в осажденном городе!

13 января 1942 г. военный трибунал приговорил их к расстрелу, но Президиум Верховного Совета СССР заменил высшую

меру на 10 лет лагерей — это связывают с вмешательством А. А. Кузнецова, который Кружкову не доверял.

— Кружков, которого мы осудили на 15 лет, жаловался во все мыслимые инстанции, обвинял нас, писал, что он жертва. Вот выписка из его жалобы: «Дело не во мне, бывшем рядовом работнике, а в тех, кто сознательно насаждал беззаконие и порочные системы в органах МВД и МГБ, причина в тех, кто хотел уйти из-под контроля партии. Эти люди по заслугам осуждены. Но мог ли я, бывший рядовой и неопытный работник, разобраться тогда в порочности работы этих агентов...» И так далее. Но прошедшие лагеря и оставшиеся в живых люди, побывавшие в руках этого «неопытного работника», изобличали его в сатанизме.

Дух трагедии сталинских времен, несмотря на годы и перемены, еще веет над Пулковом, над Ленинградом, над страной. И над всей нашей наукой, которая понесла огромные потери, пройдя через огонь инквизиции и «министерство любви». Работая над этими материалами, я столкнулась с проявлениями благородства, которые возвышают душу, но больше узнала такого, чего не хотелось бы знать. Точнее, не хотелось бы, чтобы так было. Но мы ратуем за отмену запретов на секретные архивы и должны быть готовы к восприятию нерафинированной правды. Здесь показана лишь часть ее, но и она тяжела, особенно для близких и друзей наших замечательных деятелей науки, которые были унижены в своем человеческом достоинстве, замучены и погублены.

Будем откровенны, для мужественных и независимых поступков чаще всего недостаточно даже такого необходимого компонента, как «нравственный закон в душе». Нужна хоть какая-то степень свободы или надежды.

Мы хотим в полной мере обрести и то, и другое, построив правовое государство, в котором рецидивы бессмысленной жестокости, типа тбилисской трагедии, станут невозможны. Стремление ученых принять участие в этом строительстве увеличивает наши общие шансы на успех.

²² Кербер Л. // Изобретатель и рационализатор. 1988. №№ 3—9.

О ПРОИСХОЖДЕНИИ НЕКОТОРЫХ САМОРОДКОВ ЗОЛОТА

Н. И. Бородаевский,

доктор геолого-минералогических наук

Центральный научно-исследовательский геолого-разведочный институт Министерства геологии СССР
Москва

ЖАРКИМ летним днем 1947 г. мы с геологом С. Д. Шером шли на наш участок детальной геологической съемки, проводимой в Миасском районе на Урале. Дорога пролегла по склону Таловского хребта, примерно по тому месту, где проходит граница вулканогенно-осадочной толщи и расположенного западнее массива серпентинитов. Выше по склону, в нескольких десятках метров от дороги, вытянулась почти непрерывная цепочка мелких выработок, которыми старатели разведывали и отработывали своеобразные месторождения золота типа змеевичных жил¹.

Под-под отвалов старательских выработок вниз по склону тонкой струйкой бежал ручеек, в русле которого у самой дороги было сделано небольшое углубление. Здесь отдыхали и пили превосходную чистую воду горняки, направлявшиеся на северные участки выработок. Здесь же каждый день останавливались и мы, геологи.

На этот раз, отдыхая, я бессознательно наблюдал за круговым движением воды в ямке и вдруг обратил внимание на

зеленоватую пленку в центре. Это был тончайший слой так называемого плавучего золота. Я не очень удивился увиденному, так как не раз встречал подобные пленки при отмывке в ковшах измельченных проб «змеевиковых обливанцев» — глыб и галек серпентинитов с тонкими пленками самородного золота на поверхности. Только здесь золотое пятно было побольше.

На следующий день мы опять увидели на воде такую же пленку, и когда я попытался разделить ее пальцем, часть золота мелкими комочками медленно опустилась на дно. Тут мне в голову пришла мысль осадить всю пленку, как это делают, промывая пробы в ковшах, и я бросил на нее несколько кристалликов сахара. Опыт удался — на дно стали падать все более крупные комочки. Медленно перекатываясь по дну ямки, они сталкивались с ранее осевшими и как бы вбирали их в себя.

Эти элементарные опыты нетрудно повторить каждому, если, конечно, удастся набрать в отвалах «окатыши» серпентинитов с золотыми пленками на поверхности. Такие образцы встречаются довольно редко, по крайней мере, куда реже, чем сланцеватые серпентиниты, в которых золото представлено более крупными частицами, легко тонущими при отмывке.

Возможно, в этих опытах проявляется один из природных механизмов образования мелких золотых самородков: наблюдавшиеся нами рыхлые комочки золота могли со временем превращаться в золотины, а

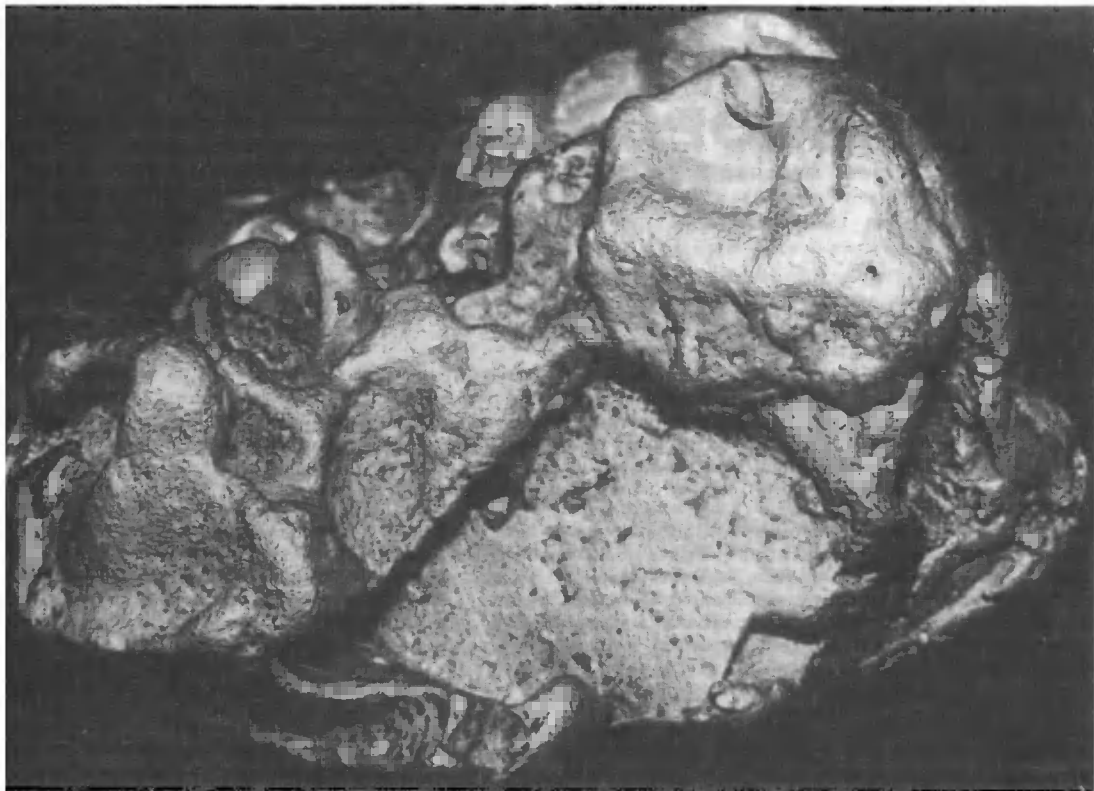
при более крупных размерах комков — в мелкие самородки.

Пытаясь привлечь внимание к своим выводам, я сделал доклад у нас в институте. Его неплохо приняли, но вскоре все забылось. А жаль, так как результаты подобных наблюдений (их, видимо, накопилось немало у разных исследователей) должны учитываться при решении вопроса о генезисе самородков золота, по которому до сих пор существуют разные мнения.

В этой связи несомненный интерес представляют самородки из коренного месторождения золота, которые мне удалось наблюдать в их естественном залегании. Это было в 1940 г. на Ленинском (бывшем Царевко-Александровском) прииске Миасского района Урала. Месторождение разрабатывалось небольшими старательскими выработками, которые вскрывали отдельные скопления золота — «кусты». В одном из них и находились заинтересовавшие нас самородки. Но, к сожалению, их не удалось изучить как следует, поскольку старатели пустили отобранную нами уникальную коллекцию образцов на переработку. Ни единого образца спасти не удалось, но сохранились наши полевые дневники и другие записи.

Так, в небольшом месторождении Кулюшинском мною была задокументирована крупная «выборка» самородного золота весом более 70 кг. Все образцы этой выборки были извлечены из объема не более 1 м³. В забое старатели вскрыли мощную, слабо золотоносную кварцевую жилу, залегающую в

¹ Эти месторождения представляют собой зоны сильно рассланцованных серпентинитов, частично замещенных тальком и карбонатом, с тонкими пленками золота на плоскостях сланцеватости. Подробнее см.: Бородаевский Н. И. Типы золоторудных месторождений, подчиненных ультраосновным породам в Миасском и Учалинском районах Южного Урала // 200 лет золотой промышленности Урала. Свердловск, 1948. С. 316—330.



Крупный окатанный самородок золота с отпечатком ромбоздрического кристалла (по-видимому, карбоната). Окатанность самородка и гладкая его поверхность со следами своеобразного пластинчатого строения не соответствуют хорошей сохранности границ кристалла. Можно предположить, что золото отлагалось в пылевидной форме по способу, описанному в статье. Пластинчатое строение — возможно, следствие ударов. (Снимок сделан геологом В. И. Соболевским. Точное местонахождение самородка неизвестно.)

лиственитизированных эффузивных породах, пересеченных тонкими кварцевыми и кварц-карбонатными прожилками. Самородки представляли собой жилообразные ветвистые выделения золота, расположение которых определялось рисунком упомянутых прожилков и трещин. Самые крупные из них (до 300—500 г) обычно встречались в местах пересечения прожилков. Здесь же присутствовали многочисленные более мелкие выделения золота (30—50 г). И хотя детально изучить эти самородки не удалось, сложилось впечатление, что их размеры (точнее, распределение по классам крупности) близки к тем, которые отмечались для частично окатанных самородков

из карстовых воронок Ленинского прииска, описанных еще до революции². В бытность мою геологом этого прииска, известного находками самых крупных в России самородков, мне пришлось документировать такую воронку, вскрытую старательской шахтой на глубине около 30 м.

Кроме описанного выше способа образования самородков, по-видимому, имеется и другой — за счет скопления крупного самородного золота из коренных месторождений. По крайней мере, к этому выводу склоняет нас изучение самородков Кулоюшинского месторождения и условий их залегания в карстовых воронках в известняках, где были найдены

почти все самородки Миасского района, хранящиеся в Алмазном фонде СССР (в том числе знаменитый «пудовый»).

Что касается происхождения крупных самородков, обнаруженных в дореволюционное время в карстовых воронках «Кашеевой местности» (современный Миасский район), то здесь, видимо, следует согласиться с Н. В. Петровской³. По ее мнению, эти самородки представляют собой скопления «первичного» (эндогенного) золота, которые подверглись относительно небольшим деформациям в условиях карстовых воронок.

Вместе с тем описанные Петровской формы самородков

² Кулибин С. И. // Горный журн. 1887. Т. IV. С. 195; Озер-

ский А. О. // Там же. 1843. Ч. III. С. 232.

³ Петровская Н. В. Самородное золото. М., 1973.

и их сопоставление с морфологией коренного золота Кулюшинского месторождения позволяют предполагать, что в карстовых воронках истиранию подвергалась значительная часть попавших туда скоплений золота. Возникшее при этом тонкое золото могло переноситься водными потоками и оседать в мелких трещинах окружающих пород. Возможно, именно так, при просачивании воды по трещинам в диоритах, небольшие интрузивные тела которых прорывают серпентинитовый массив, и образуется плавучее золото.

Мне приходилось видеть такие самородки, найденные старателями вблизи земной поверхности в зонах, приуроченных к плоскостям сланцеватости пород. По форме они походили на довольно тонкие дырчатые блины. Насколько мне известно, подобные образования никем ранее не изучались и даже не описывались. Увы, сделанные мною снимки этих оригинальных самородков также не сохранились.

Тонкое плавучее золото, с которого началась заметка, вероятно, могло переноситься не только поверхностными, но и глубинными водами. Осаждаясь из этих горячих вод, золото могло образовывать скопления-самородки на довольно большой глубине. На это, в частности, указывают упомянутые выше тонкие пленки золота в «змеевиковых обливанцах», соседствующие с явно гидротермальной минерализацией в метаморфизованных серпентинитах.

Иными словами, предлагаемый нами механизм формирования самородков путем агломерации пылевидного золота мог, по-видимому, осуществляться и при гидротермальном метаморфизме. Но здесь образованию самородков препятствовала динамическая обстановка: комочки плавучего золота во время движения горячих растворов (или позже, при отложении золота) «размазывались» на плоскостях сланцеватости пород, превращаясь в пленки.

Таким образом, возможно, описанный способ образования самородков золота и не является альтернативой классическим представлениям о формировании самородного золота при его отложении из горячих растворов.

В заключение остается добавить, что возможность участия пылевидного золота в росте самородков — как в коренных месторождениях, так и в россыпях — рассматривается исследователями сравнительно редко. Чтобы оценить ее, целесообразно провести специальные эксперименты, моделирующие процесс формирования самородков. Важно также детальнее изучить морфологию золотинок и самородков, образовавшихся при слипании пылевидных частиц золота. Обнаруживая в россыпях золото, обладающее признаками такого происхождения, мы сможем судить и о характере некоторых коренных месторождений, являющихся источниками данных россыпей.

Известный уральский старатель Н. И. Телегин, промывающий ковшовые пробы золота. Южный Урал. 30-е годы. Фото автора.



КОРИФЕЙ

Воспоминания о Д.С. Коржинском

Л. Л. Перчук,

доктор геолого-минералогических наук
Институт экспериментальной минералогии АН СССР
Черноголовка

КАЖДОМУ школьнику известны имена В. И. Вернадского, А. П. Карпинского, В. А. Обручева, А. Е. Ферсмана. Но, к сожалению, немногие слышали об академике Д. С. Коржинском, чей вклад в геологическую науку по меньшей мере соизмерим с достижениями этих ученых, оваянных славой и легендами.

Вот что сказано о нем в последнем издании Большой Советской Энциклопедии: «Коржинский Дмитрий Сергеевич (р. 1899) — советский геолог, специалист в области петрографии, геохимии и геологии рудных месторождений, один из основоположников физико-химической петрологии и минералогии, а также физической геохимии, академик АН СССР (1953), член-корреспондент (1943), Герой Социалистического Труда (1969). По окончании Ленинградского горного института (1926) работал в Геологическом комитете, а затем во Всесоюзном научно-исследовательском геологическом институте (ВСГЕИ). В 1929—1940 гг. преподавал в Ленинградском горном институте (проф. с 1940). С 1937 г. работает в АН СССР (директор Института экспериментальной минералогии с 1969 г.) Член многих зарубежных обществ и академий. Лауреат Ленинской (1958) и Государственных (1946, 1975) премий».

Что же скрыто за этими сухими строками?

Д. С. Коржинский родился 1(13) сентября 1899 г. в Санкт-Петербурге, в семье главного ботаника Петербургского ботанического сада и директора Ботанического музея Петербургской АН академика С. И. Коржинского, который вошел в историю биологии как один из основоположников фитоценологии и теории гетерогенезиса. С. И. Коржинский умер 8 ноября 1900 г. во время экспедиции в Полинезию, когда ему было всего 39 лет.

Как видно из дат смерти отца и рождения сына, Дмитрий Сергеевич своего отца не знал. Воспитание ему дала мать. Лишь

в 13 лет (!) она направила его в гимназию, говоря: «Слишком рано начнешь там учиться, по окончании станешь круглым идиотом». При сдаче вступительных экзаменов подготовка его оказалась настолько высокой, что он сразу же был определен в четвертый класс. Обладая блестящими способностями, Коржинский за короткий срок завершил курс гимназии. В 1918 г. он закончил реальное училище в Петрограде, а затем работал десятником на Урале. В гражданскую войну служил телефонистом в Красной Армии.

Его всегда влекла природа, и, может быть, поэтому он решил посвятить свою жизнь геологии. Уже во время учебы в Ленинградском горном институте Коржинский обратил на себя внимание крупнейших геологов, и среди них В. Н. Лодочникова, которого он и много лет спустя называл своим учителем.

Окончив в 1926 г. институт, Коржинский 10 лет проработал в Центральном научно-исследовательском геологоразведочном институте, где занимался геологической съемкой некоторых районов Казахстана и Восточной Сибири. В эти годы у него появились первые идеи о системах с вполне подвижными компонентами и биметасоматических процессах, выросшие впоследствии в стройные теории. Тогда же он начал разрабатывать оригинальные методы физико-химического анализа минеральных парагенезисов, которые в будущем составили основу многих направлений в теоретической петрологии.

Коржинский еще не был кандидатом (степень кандидата геолого-минералогических наук ему присудили в 1937 г. без защиты диссертации), но его работы уже были широко известны среди геологов. В частности, при изучении условий формирования метаморфических пород Восточной Сибири он обнаружил ряд фундаментальных закономерностей и четко обосновал их. По этому поводу классик метаморфической петроло-



ДМИТРИЙ СЕРГЕЕВИЧ КОРЖИНСКИЙ.
1{13}.IX 1899 — 16.XII 1985.

гии П. Эскола писал, что свои идеи Коржинский развил так далеко, что мы еще не в состоянии за ним следовать.

Геологические работы Коржинского того времени, ставшие основой для создания надежной схемы стратиграфии огромной части Восточно-Сибирского региона, не утратили своего значения и поныне.

Начало углубленных исследований минералообразования связано с его перехо-

дом в 1937 г. в Институт геологических наук АН СССР¹, где им были созданы три теории,

¹ Это огромное учреждение сформировали в 1937 г., искусственно слив три академических института геологического профиля. В 1947 г. от Института геологических наук АН СССР отделился Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского (ГЕОХИ), а в 1956 г. он окончательно распался на Геологический институт (ГИН) и Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ).

ставших известными ученым всего мира:

1. Теория систем с вполне подвижными компонентами, включающая теорию экстремальных состояний;

2. Теория метасоматической зональности;

3. Теория кислотно-основного взаимодействия компонентов в силикатных расплавах и гидротермальных флюидах.

Все теоретические концепции Коржинского объединены оригинальным методом, описанию которого он посвятил две книги: «Физико-химические основы анализа парагенезисов минералов» (1957) и «Теоретические основы анализа парагенезисов минералов» (1973). Вообще, методам исследования Коржинский придавал большое значение. Он считал, что новые методы открывают принципиально новые возможности для изучения природных закономерностей, но сами они всегда должны базироваться на строгих научных подходах. Любые авантюристические или недостаточно обоснованные методы и теории он критиковал беспощадно. В споре с оппонентами Коржинский умел однозначно доказать справедливость развиваемых им концепций (памятны дискуссии с В. А. Николаевым, И. В. Александровым, Д. Ф. Уэйлом). Вместе с тем, он охотно выслушивал советы и пожелания коллег, которым часто давал на просмотр рукописи своих статей и монографий.

Коржинский отличался необычным, порой парадоксальным подходом к решению той или иной петрологической проблемы. Это связано и со спецификой его творческого мышления, и с глубоким проникновением в существо каждой изучаемой им проблемы, и с громадным багажом знаний и уникальной памятью. В его работах поражает отточенность мысли, завершенность идеи³.

В те далекие 30-е годы Коржинский, конечно же, не знал, что добьется такого признания в науке. Признания, выходящего за границы не только страны, но и времени, в которое он жил. Он был, вероятно, одним из последних геологов-теоретиков, кто творил в тиши кабинетов и публиковал свои творения в вызывающем моноавторстве. Около 180 статей и монографий за почти

50 лет в науке. Много это или мало? Нет ответа на этот вопрос.

Его ученик чл.-корр. АН СССР А. А. Макашев вспоминал: «(...) Сдавал вступительные экзамены в аспирантуру. После экзаменов получил выписку с подписями: зав. отделом академик А. Г. Бетехтин, старший научный сотрудник академик Д. С. Коржинский. Много ли их было, академиков — старших научных сотрудников? Мне известен еще только один, к счастью, здравствующий — А. Д. Сахаров.

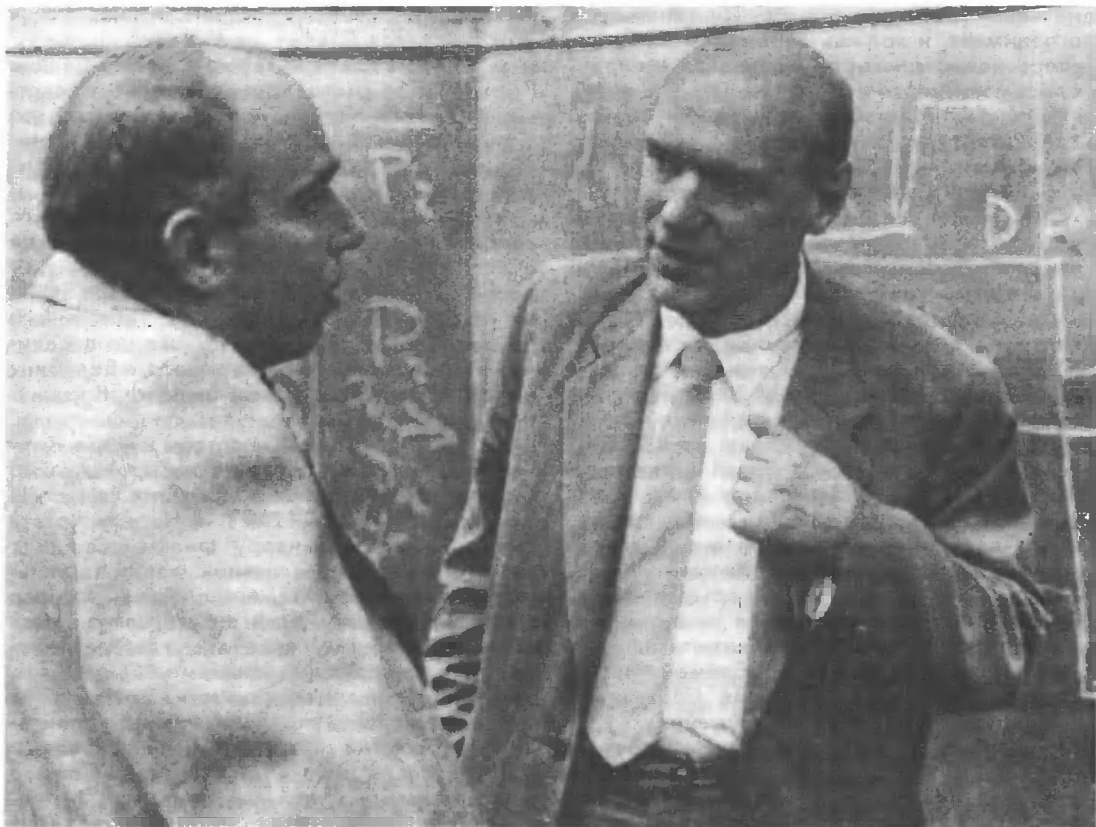
В середине 60-х годов началось «планирование» в науке. И злополучный «вал» печатной продукции захлестнул ее, сделал серой как по форме, так и по содержанию. Тогдашний вице-президент АН СССР, председатель Редакционно-издательского совета АН СССР М. Д. Миллионщиков как-то сказал: «На мой стол ежедневно ложится кипа новых изданий АН СССР. Но я с грустью наблюдаю, как неуклонно падает научный уровень и качество публикаций». Любопытно, что уже в самом начале эпохи планирования научных исследований Коржинский однозначно предсказал ее итог, хорошо известный теперь каждому ученому.

Разумеется, этот вал «мутных» работ не смог даже краем задеть его самого. Коржинский неизменно публиковал лишь те свои труды, которые уже вызрели, отличались завершенностью. Он был убежден, что творчество нельзя ни запланировать, ни предусмотреть даже в самых смелых программах, и нам, своим ученикам, рекомендовал включать в план лишь те работы, которые уже сданы в печать.

Впрочем, слово «ученики» следует взять в кавычки, так как формально Коржинский никого и ничему не учил. Более того, он считал, что даже выбор темы диссертации должен оставаться за аспирантом. Но каждому ученому известно, что уже сама постановка задачи наполовину определяет ее успех. И мы знали — Коржинский потихоньку следит за развитием темы. «Как дела?» — означало лишь одно: появилось ли что-нибудь новое в исследовании? Этот вопрос звучал не очень часто. Именно с тем интервалом времени, который был достаточен для вызревания результатов в каждом конкретном случае. А уж оценить результаты он мог! Вот пример.

Моя работа над кандидатской диссертацией близилась к концу. И вдруг, как в известных легендах, ночью мне приснился сон, в основе которого лежал смутный зародыш какого-то не совсем ясного, но очень важного, как мне тогда показалось, эффекта. Я немедленно записал свой сон.

³ Более подробно о работах Д. С. Коржинского и его учеников можно прочитать в следующих статьях, опубликованных в «Природе»: Физико-химический эксперимент в геологии (Интервью с В. А. Жариковым.) 1988. № 4. С. 4—14; Перчук Л. Л. Методы термометрии и барометрии в геологии. 1983. № 7. С. 88—97; Зотов И. А. Трансмагматические флюиды в геологии. 1982. № 7. С. 48—55; Рябчиков И. Д. Флюиды в мантии Земли. 1988. № 12. С. 12—17.



После лекции. США. Начало 60-х годов.

На следующий день, в полдень, я уже был в отделе и ждал шефа. Коржинский обычно приходил в институт после обеда, а в первой половине дня работал дома. Мне не терпелось рассказать ему свой сон, услышать какие-то советы, замечания — получить хотя бы общую оценку самой идеи. В 13⁰⁰ Коржинский вошел в «свой» кабинет, где кроме него работали еще 8 человек. Как обычно, он каждому пожал руку, глядя прямо в лицо большими голубыми глазами (выразительность его глаз была необычайна: в них отражались его настроение, отношение к человеку, горечь или радость, озабоченность или юмор). Я чувствовал себя как на иголках. Он это сразу же понял, мгновенно пригласил меня сесть и все рассказать. Но я уже перегорел и рассказывал сбивчиво, путанно. Трудно было что-то понять. Об этом Коржинский мне прямо и сказал. Тогда я предложил ему прочесть мои записи. Он наотрез отказался. Я обиделся и ушел, но уходя, заметил его полный лукавства взгляд. В тот момент это

еще больше меня разозлило. Я ходил сам не свой: блестящая идея не нашла поддержки у выдающегося ученого! И пришло дерзкое решение: четко сформулировать эту идею, обосновать и... самовольно включить в кандидатскую диссертацию, в общем-то довольно далекую по теме.

Через месяц переплетенная диссертация лежала на столе у Коржинского. С моей точки зрения, в ней было много новых, неординарных разработок. Как-то Дмитрий Сергеевич их оценит?! Диссертацию он забрал домой. Каждый день после обеда я приходил в отдел и ждал Коржинского. Немой вопрос и... лукавый взгляд в ответ — взгляд, говорящий, что Коржинский внимательно читает мою работу. Однако отсутствие каких-либо комментариев меня беспокоило: я еще помнил нашу встречу месячной давности. Так продолжалось дней десять.

Но вот он пришел, выгрузил мою диссертацию из портфеля. Затем принялся ходить по кабинету, и, как бы обращаясь ко всем сотрудникам отдела, заговорил: «Вот были времена раньше! Напишешь статью, опубликуешь. Много дифферен-

циальных уравнений, формул. Никто ни черта не понимает, и ходишь себе гоголем. А вот теперь читаю диссертацию своего аспиранта и сам ни черта не понимаю! (Он очень любил употреблять выражение «ни черта». Слегка картавая, он произносил его удивительно естественно.)

Конечно же, он опять лукавил. Затем, уже «на полном серьезе», дал высокую оценку работе, рекомендовал защищать без каких-либо исправлений. Но в конце этой сцены вдруг заявил: «Все это, конечно, хорошо, но... ерунда! Да, да, ерунда, по сравнению с одной идеей, которую вы изложили на двух страницах и обозначили "принципом фазового соответствия". К диссертации этот эффект не относится, но им надо заняться». Я был бесконечно счастлив: из 300 страниц текста, множества таблиц и рисунков Дмитрий Сергеевич выделил ту идею, которую умышленно не обсудил месяц назад. Он все сделал намеренно: зная мой характер, он меня раззадорил, заставил идею осмыслить и строго ее сформулировать. Кандидатскую диссертацию я защитил «на автомате». Мне она была неинтересна — я уже работал над новой проблемой. Через 3,5 года на столе у Дмитрия Сергеевича лежала моя докторская диссертация.

Вообще, к диссертациям Коржинский относился очень серьезно, справедливо полагая, что именно диссертационная работа определяет дальнейшее направление в исследованиях молодого ученого. А его отношение к объему и содержанию диссертации можно определить из следующего диалога.

До защиты диссертации.

Сотрудник: «Каким должен быть объем моей докторской диссертации?»

Коржинский: — Разве в объеме дело. Можете написать ее в объеме брэзовских томов, а можете, как Менделеев, — одну таблицу.

После защиты.

Сотрудник: — Чем мне теперь заняться?

Коржинский: «Если не знаете, лучше уйти из науки.»

Репрессии не обошли и геологию. И в 1937 г., и после войны пострадали многие известные геологи, в том числе один из учителей Коржинского, выдающийся минералог А. К. Болдырев, который замерз в тайге, обхватив скалу руками — погиб, как настоящий геолог, в поле. Были репрессированы многие сверстники Коржинского: крупный петролог М. Н. Годлевский, известный вулканолог Е. К. Устиев, крупнейший специалист по рудным месторождениям В. М. Крейтер.

Похоже, на свободе остались лишь те, в ком нуждался Сталин.

В этом плане интересно воспоминание Коржинского о его друге, известном советском геологе Ю. А. Билибине, который, по словам очевидцев, славился в те годы пристрастием к редким, но звонким кутежам. Как-то раз вскоре после войны, сидя в ресторане в Магадане, Билибин после крепкого возлияния встал и на весь зал выкрикнул: «Сталин — сволочь!» Сидевшие рядом геологи вмиг отрезвели, вцепились в него, начали уговаривать: «Юра, не надо! Тебе ничего не будет, а нас посадят». Никого не посадили — Сталину нужно было золото, а Билибина и его гвардию заменить было нечем. Коржинского тоже.

Обладая редким чувством юмора, Коржинский вместе с тем был чрезвычайно чувствительным, даже сентиментальным человеком. Помню в 1964 г. в Норильске мы смотрели по телевизору фильм «Овод» с О. Стриженовым в главной роли. Коржинский рыдал, как дитя, пришлось увести его в другую комнату. Если он узнавал о смерти известного ему человека, глаза его неизменно наполнялись слезами. Он не мог переносить несправедливости, жестокости.

Коржинский всегда был в курсе политических событий в стране и за рубежом. Вскоре после войны он купил у кого-то замечательный армейский приемник американского производства и до конца своих дней регулярно слушал передачи на английском, французском и немецком. Как говорил, чтобы поддерживать уровень знания языков.

Удивительным было его отношение к внутренней политике. После «оттепели», вызванной реформизмом Хрущева, дух демократичности и гласности невозможно было выветрить в нашем отделе. Один из молодых сотрудников даже пострадал за так называемое открытое письмо в ЦК, которое он всего лишь принес в институт. По доносу он был уволен, но Коржинский воевал с «компетентными органами», помог устроиться на работу. Второго сотрудника до недавнего времени «не пускали» за границу: содержания письма он не знал, однако доносчик взял письмо именно с его стола.

До XIX партконференции много разговоров было о многопартийной системе. Крылатой стала фраза: «Две партии нам не прокормить». Но мало кто знает, что она принадлежит Коржинскому и сказана была в конце 50-х годов. Удивительно точно он охарактеризовал брежневский период: «Дело не в партии, ее лозунгах и программах, а в людях, которые ею руководят на всех

уровнях. Они используют социальное несовершенство страны, опираясь на мощь системы запугивания, созданной еще Сталиным». Сейчас, в период гласности, это звучит с самых высоких трибун, об этом пишут, вещают по радио и телевидению. «Нам еще предстоит учиться демократии, и не одному поколению. И не потому, что она была поправа, а потому, что ее никогда не было, и наш народ не знал, что это такое», — говорил Коржинский.

Вместе с тем, в отличие от многих, он никогда не давал рецептов. Он считал, что и внешняя, и внутренняя политика любой страны — это наука. А задача науки — выявлять подлинные законы развития природы и общества. И если они найдены и обоснованы, общество достигнет быстрого социального прогресса. Демагогия, насильствие этих законов, попытка обойти их или подчинить воле единиц — гибельны для природы и общества.

Простые, ясные и граждански мужественные высказывания Коржинского и в те далекие годы нас вовсе не шокировали, но заставляли критически относиться к бессмысленным политинформациям, чтениям брежневских «непреходящих творений», поэтическим шедеврам Рашидова и иже с ним.

Критическим было мнение Коржинского и о существующей системе выборов в Академию наук. М. В. Келдыш, тогдашний президент АН СССР, провозгласил, что хороший организатор науки равноценен выдающемуся ученому, Коржинский пришел с Общего собрания Академии и с грустью сказал: «Теперь в академике плотным строем пойдут администраторы». Он был также против оплаты академических званий, полагая, что отмена этих оплат и демократизация выборов могла бы сделать Академию более представительной. Возможно, он был прав, этот мудрый человек и ученый.

О необычном юморе Коржинского ходили, да и сейчас еще ходят легенды. Страстный любитель анекдотов, он и сам не отказывал себе в удовольствии их придумывать. Помню, в шахтах Мончегорска мы долго шли по темным штрекам из одного конца уже отработанного месторождения в другой, освещая себе путь шахтерскими лампами. Коржинский рассказывал анекдоты, и сам громче всех смеялся. Вдруг он обернулся ко мне: «Леонид Львович, а вы не пробовали сочинять анекдоты?» Я ответил, что родился и вырос в Одессе, где сама жизнь — сплошной анекдот, и потому придумывать их мне не приходилось. Ответ Коржинскому понравился, и все же он рас-

сказал мне анекдот, придуманный им прошедшей ночью.

Его учителями были известные профессора Ленинградского горного института Е. С. Федоров, А. П. Карпинский, а также упоминавшиеся уже А. К. Болдырев и В. Н. Лодочников. По окончании института Коржинский работал на кафедре под непосредственным руководством Лодочникова — одного из создателей отечественной петрографии, чья жизнь трагически оборвалась в немецкой оккупации на Северном Кавказе. Так вот, Лодочников, по воспоминаниям Коржинского, был чрезвычайно колоритной личностью. Когда он рассказывал анекдоты, Коржинский поначалу краснел, «как девица», а потом свыкся и даже стал делить все анекдоты на «лодочниковские» и прочие. Рассказывал он их мастерски, и сам при этом смеялся до слез. Часто в экспедиции можно было видеть такую сценку: он сидит, что-то пишет или бредется. И вдруг про себя начинает тихо смеяться. Глаза его увлажняются. В чем дело? — оказывается, вспомнил еще один анекдот. И тут же готов был его рассказать.

Коржинский не любил, не понимал науки без дискуссий, порой острых. Обогнав свое время лет на 15—20, он вынужден был сражаться со множеством противников. До сих пор с удовольствием читаю его полемические статьи с критикой в адрес Н. В. Белова, В. И. Лебедева, У. С. Файфа и др.

И во время полевых работ он обязательно находил время для дискуссий, иногда назначая оппонентами своих учеников. Мне не раз приходилось выступать в этой роли. Это была игра, но игра полезная, оттачивавшая мысль, заставлявшая молниеносно находить все новые и новые аргументы. Она много дала нам в жизни, в творчестве.

Порядочность, обязательность были врожденными качествами Коржинского. Я не помню случая, чтобы он когда-нибудь забыл сделать то, что обещал. До 80 лет он сохранил феноменальную память. Мог, например, встретить человека, которого видел лишь однажды много лет назад, и немедленно обратиться к нему по имени-отчеству. Как-то академик А. А. Полканов заметил: «Коржинский от всех нас — грешных — отличается одним замечательным качеством: он практически никогда не ошибается».

Иногда мне казалось, что его порядочность доходит до абсурда. Вот один пример. Норильск, лето 1964 г., геологическая экскурсия, т. е. задача чисто ознакомительная. Мы с Дмитрием Сергеевичем просматриваем керны, прекрасно подготовленные для этой цели сотрудниками геолого-раз-

ведочной экспедиции. Очень холодно. Рядом натопленная десятиместная палатка. Там — чай, печенье, бутерброды. Стоят микроскопы. Многие из нашего «десанта» уже хорошо там устроились. Мы продолжаем просматривать бесконечные ящики с кернами Норильской интрузии. Слоистая, как торт «Наполеон», она имеет почти одинаковый разрез в любой части. Достаточно посмотреть керн одной скважины, чтобы составить представление о структуре всего массива. Тем более, что мы уже обладаем большим запасом информации. Но Коржинский продолжает просматривать бесконечные керны, приготовленные радушными норильскими геологами. При этом он непрерывно повторяет: «Да, удивительное однообразие!» На мое предложение уйти в палатку, попить чай и посмотреть шлифы, Коржинский заметил: «Да нет, пожалуй, нужно закончить, а то подумают: зачем мы сюда приехали?»

Второй случай. Киев. Начало мая 1969 г. Школа по петрографии. Проводил ее тогдашний вице-президент АН УССР известный украинский геолог Н. П. Семененко. Он с большим уважением относился к Коржинскому, да и к его ученикам тоже. Все мы прочли на этой школе лекции. А оставшиеся дни отводились чтению глав из книги Семененко, которую он только что издал и намеревался выдвинуть на соискание Ленинской премии. Эти «лекции» читал сам Семененко. В Киеве стояла страшная жара, в зале душно. Съехалось много геологического народа со всей Украины, содержание книги большинство знало. К тому же был канун Дня Победы. И мы начали уговаривать Дмитрия Сергеевича поехать с нами на Киевское море искупаться, отдохнуть от недельного сидения в душном помещении, где непрерывно клонило в сон. Коржинский выслушал наше предложение и вполне логичную аргументацию. «Грех большой, но идея богатая», — сказал он и расхохотался. Оказа-

лось, что это цитата из «лодочниковского» анекдота, который он нам тут же и рассказал, но уехать наотрез отказался, сказав, что «Семененко, похоже, именно для меня все эти чтения и организовал». Потом он вместе с нами пошел к Семененко просить, чтобы тот нас отпустил и не обижался.

Я слышал много легенд об отрешенности Коржинского. Например, как его в экспедиции посылали за водой, а он забывал об этом, сидел у колодца и писал какие-то формулы. Может быть, я поздно познакомился с ним: ему было уже 60, когда я встретил его впервые. Но мы виделись часто, вместе ездили в поле в самые разные регионы нашей страны. (Помню, например, как к своему 80-летию Коржинский совершил восхождение на не совсем еще потухший вулкан Толбачик, что на Камчатке). И мне никогда не приходилось видеть его отрешенным.

Перечел я эти заметки и подумал, что не удалось, к сожалению, в полной мере донести до читателя суть научных достижений Коржинского, сделавших его бессмертным. Но, как в таких случаях пишут: «Родина по достоинству оценила его заслуги». Ему были вручены, пожалуй, все возможные государственные награды, каких удостоиваются у нас в стране выдающиеся ученые. Но и к своим награждениям он умудрялся относиться с юмором.

И еще: оставалось сомнение, не возникнет ли у читателя представление о Коржинском как о некоем веселом человеке, любителе анекдотов и т. п. Но, решил, не должно. Его титанический труд, яркий ум исследователя и, наконец, созданные им теории — все это принесло академику Коржинскому славу выдающегося ученого. А о Дмитрии Сергеевиче Коржинском — человеке, которого я знал в течение 25 лет, до самой его кончины, — я рассказал откровенно.

Космические исследования

Запуски космических аппаратов в СССР: март — апрель 1989 г.

В марте — апреле 1989 г. в Советском Союзе запущено 17 спутников, в том числе 14 спутников серии «Космос».

Автоматический грузовой корабль «Прогресс-41» доставил на орбитальный научно-исследовательский комплекс «Мир» топливо для объединенной двигательной установки, продукты, воду, оборудование и аппаратуру, почту.

Очередной спутник связи «Радуга» с бортовой ретрансляционной аппаратурой, обеспечивающей телефонную, телеграфную и радиосвязь, а также передачу телевизионных программ, выведен на близкую к стационарной орбиту.

Спутник «Фотон» предназначен для продолжения исследований по космическому материаловедению. В программе полета, рассчитанной на 16 сут, проведение экспериментов по получению в условиях слабой гравитации полупроводниковых материалов с улучшенными свойствами и особо чистых биологически активных препаратов. В соответствии с коммерческим соглашением на «Фотоне» размещена французская научно-исследовательская аппаратура.

Перечисленные выше спутники запущены с помощью ракет-носителей «Космос», «Союз», «Протон».

Центр управления продолжает контролировать полет орбитальной станции «Салют-7», которая функционирует уже 7 лет.

27 марта в Москве было подписано коммерческое соглашение о совместном советско-

Космический аппарат	Дата запуска	Параметры начальной орбиты			
		перигей, км	апогей, км	наклонение, град	период обращения, мин
«Космос-2005»	2.III	197	347	62,8	89,7
«Космос-2006»	16.III	249	402	62,9	90,8
«Прогресс-41»	16.III	193	260	51,6	88,7
«Космос-2007»	23.III	190	300	64,8	89,1
«Космос-2008—2015»*	24.III	1445	1510	74	115,2
«Космос-2016»	4.IV	973	1026	82,9	104,9
«Космос-2017»	6.IV	244	284	62,8	89,7
«Радуга»	14.IV	36 523	36 523	1,4	1474
«Космос-2018»	20.IV	194	350	62,8	89,7
«Фотон»	26.IV	225	402	62,8	90,5

* Восемь спутников «Космос-2008, ...-2015» запущены одной ракетой-носителем «Космос».

японском космическом полете: в 1991 г. журналист — гражданин Японии в составе смешанного экипажа совершит полет продолжительностью 8 сут., 6 из которых он проведет на орбитальной станции «Мир». Соглашением предусмотрена серия прямых телерепортажей с орбиты, а также небольшая программа экспериментов, составить которую корпорация Ти-би-эс предполагает по заявкам телезрителей.

Космические исследования

Экспедиция на «Мире»: март — апрель 1989 г.

Март — апрель — завершающий этап исследований А. А. Волкова, С. К. Крикалева и В. В. Полякова на орбитальном научно-исследовательском комплексе «Мир». Продолжались наблюдения на Международной обсерватории «Рентген»: проведено несколько циклов съемок с целью картографирования центральной области

Галактики в рентгеновском диапазоне; наблюдались также пульсары в созвездиях Телец и Геркулес и рентгеновский источник Лебедь X-1.

Начиная с 24 марта, космонавты ежедневно выполняли эксперименты для оценки динамики уровня космического излучения в околоземном пространстве в зависимости от солнечной активности. Эксперименты велись с помощью аппаратуры «Цирцея», созданной французскими специалистами. С использованием магнитного спектрометра «Мария» измерялись потоки заряженных частиц высоких энергий.

В серии экспериментов «Диаграмма» оценивалось аэродинамическое сопротивление комплекса и характеристики атмосферы вблизи него. Измерения проводились магниторазрядным датчиком, выводимым в открытый космос.

На заключительном этапе полета космонавты провели серию биологических экспериментов, отрабатывая технологию культивирования высших растений в невесомости. На установках «Светоблок-М» и «Рост-4М» исследовались процессы разви-

тия пшеницы и культуры ткани арабидопсиса; в одной из космических оранжерей растут орхидеи, доставленные на борт комплекса советско-французским экипажем.

Продолжались наблюдения и съемка территории Советского Союза; оценивалось загрязнение атмосферы в районах промышленных центров Украины, Черноземья, бассейна Волги.

По программе исследования природных ресурсов и изучения окружающей среды проведены съемки и спектрометрирование различных районов суши и Мирового океана. Результаты используются для наблюдений за крупномасштабными экологическими процессами, происходящими на территории Казахстана и Калмыкии, в бассейнах Аральского и Каспийского морей, а также для отработки методик оценки биопродуктивности акваторий морей и океанов, загрязнения водоемов и атмосферы, засоления и заболачивания земель в зонах водохранилищ и каналов.

Было проведено свыше 200 экспериментов по выращиванию в невесомости монокристаллов различных полупроводниковых материалов, существенно превосходящих по качеству и характеристикам получаемые в земных условиях. Подтверждена целесообразность опытно-промышленного производства полупроводниковых материалов в космосе.

На электрофоретических установках отработана эффективная технология тонкой очистки и разделения биологически активных веществ. Получены опытные партии новых лекарственных препаратов, высокоактивных веществ для производства антибиотиков, применяемых в животноводстве; отработаны методы получения высококачественных монокристаллов белков.

Готовясь к возвращению на Землю, экипаж много времени уделял медицинским обследованиям и экспериментам, а также тренировкам с использованием пневмовакuumного костюма «Чибис».

27 апреля длительная экспедиция на комплексе «Мир»

была завершена: спускаемый аппарат корабля «Союз ТМ-7» с космонавтами А. А. Волковым, С. К. Крикалевым и В. В. Поляковым совершил посадку в 140 км северо-восточнее г. Джезказгана. Длительность полета В. В. Полякова составила 240 сут 21 ч. 35 мин, А. А. Волкова и С. К. Крикалева — 151 сут 11 ч 8 мин.

Орбитальный научно-исследовательский комплекс «Мир» продолжает полет в автоматическом режиме.

Космические исследования

28-й полет по программе «Спейс шаттл»

13 марта 1989 г. запущен корабль «Дискавери» с 5 космонавтами: М. Коутс (командир), Д. Блейха (пилот), Дж. Бейгян, Дж. Бучли, Р. Спрингер (специалисты по операциям на орбите). «Дискавери» вышел на близкую к расчетной орбиту, по которой за 5 сут. сделал 80 витков.

Уже в первый день полета экипаж выполнил основную задачу — вывел на орбиту спутник-ретранслятор массой 2,15 т (масса вместе с межорбитальным буксиром составила 17 т), который затем был переведен на геостационарную орбиту и стал использоваться в составе командно-измерительного комплекса НАСА вместе с двумя ранее выведенными спутниками связи аналогичного типа.

Космонавты выполнили ряд научно-технических исследований и экспериментов. На борту находились 4 крысы, в лапках которых еще на Земле просверлили крохотные отверстия, чтобы установить, как заживают кости в невесомости. Космонавты контролировали работу инкубатора, в который на Земле были заложены 32 оплодотворенных куриных яйца; исследовалось развитие зародышей в невесомости. Велись также наблюдения за особенностями развития корневой системы семян растений. Кроме того,

был проведен эксперимент по выращиванию белковых кристаллов в условиях слабой гравитации.

С помощью широкоформатной 70-мм кинокамеры ИМАКС космонавты сняли отдельные районы земной поверхности, в частности наступление пустыни в районе оз. Чад, последствия вырубки лесов в дельте р. Нигер, следы разрушений от наводнения вследствие ливневых дождей в Перу и лесных пожаров в национальном заповеднике на западе Техаса, уничтожение лесов в Бразилии, изменение очертаний Сахары, эрозия побережья в ряде мест и т. п. В дальнейшем планируется смонтировать документальный фильм с предварительным названием «Этот хрупкий мир», посвященный проблемам экологии.

На 49 витке при пролете над Гавайскими о-вами была сброшена отработанная вода, что наблюдалось телескопами ВВС, установленными на г. Халекала о-ва Мауи. Виден был своеобразный шлейф из кристаллов льда, образующихся вблизи корабля, а также от струй реактивных двигателей. Подобный шлейф может затруднить работу чувствительных бортовых приборов.

Специальным радиометром измерялось УФ-излучение Солнца, отражаемое земной атмосферой.

Основная проблема, с которой столкнулся в полете экипаж, — неполадки в работе автоматики подсистемы подачи рабочего тела в одном из трех баков для жидкого водорода. Наблюдались колебания внутреннего давления с увеличивающейся амплитудой, что потребовало в целях безопасности корабля отключить систему подачи водорода из этого бака. К концу третьего дня полета ее работоспособность была восстановлена.

18 марта 1989 г. после завершения программы «Дискавери» совершил посадку на авиабазе Эдварс (шт. Калифорния); посадочная масса корабля составила 93 т. Общая продолжительность полета 4 сут 23 ч 38 м.

С. А. НИКИТИН
Москва

Астрофизика

Пульсар на месте вспышки сверхновой 1987А!

Являются ли нейтронные звезды, наблюдаемые как пульсары, остатком вспышек сверхновых? Этот вопрос волнует астрофизиков не первое десятилетие. Взрыв сверхновой 1987А в Большом Магеллановом Облаке придал ему особую остроту. Сразу же были предприняты попытки обнаружить на месте вспышки источник периодического излучения, однако почти два года они были безуспешными.

В феврале 1989 г. группа американских астрономов под руководством Дж. Мидледи (J. Middleditch; Лос-Аламосская Национальная лаборатория) сообщила об обнаружении на месте вспышки чрезвычайно быстрого пульсара с периодом около 500 мкс. Наблюдения проводились в Межамериканской обсерватории Сьеро Тололо (Чили).

Никогда ранее столь малый период у пульсаров не наблюдался. (До сих пор «рекордсменом» был пульсар с периодом около 1500 мкс.) Примечательно и то, что периодическое излучение зарегистрировано в оптическом, а не в радиодиапазоне. Лишь немногие из известных нейтронных звезд — пульсаров удается зарегистрировать во всем спектре электромагнитных волн. Заинтригованные первооткрыватели через 12 дней повторили измерения, однако к их удивлению периодического излучения обнаружено не было.

В поиск излучения на месте вспышки сверхновой 1987А включились и астрономы Европейской южной обсерватории в Ла Сила (Чили). С помощью оптического телескопа диаметром 3,6 м они попытались зарегистрировать излучение с периодом от 1 до 10 тыс. колебаний в секунду. Однако и их постигла неудача.

Таким образом, пока о сенсации говорить рано. Но вера астрофизиков в существование пульсара на месте взрыва сверхновой столь велика, что первое сообщение Дж. Мидледи вос-

принято как доброе предзнаменование. Высказываются предположения о возможных причинах временного исчезновения периодического излучения (например, в результате затмения пульсара плотным облаком газов из разлетающейся после взрыва оболочки сверхновой). Как сообщили обе группы наблюдателей, в 1989 г. запланировано провести несколько специальных серий наблюдений, цель которых — проверить сообщение Дж. Мидледи.

Циркуляр Международного астрономического союза. 1989. № 4735.

Астрономия

Откуда взялся Плутон!

Астрономы Д. Толен и М. Бьюи (D. Tholen, M. Buie; Гавайская обсерватория), используя метод покрытия небесных тел для Плутона и его спутника Харона, вычислили, что диаметр Плутона 1123 км, т. е. много меньше, чем предполагалось. Установив время полного оборота Харона вокруг Плутона, удалось оценить их суммарную массу. Если их средние плотности одинаковы, они должны составлять 1990 кг/м³, т. е. почти вдвое превосходить плотность воды.

Основываясь на этих данных, астрономы У. Маккиннот (W. McKinnon; Университет им. Дж. Вашингтона, Сент-Луис, штат Миссури) и С. Мюллер (S. Mueller; Южный методистский университет, Даллас, штат Техас) изучили историю возникновения Плутона. Существует несколько версий. По одной из них, Плутон образовался гораздо ближе к центру Солнечной системы, а потом был выброшен на периферию.

Вторая версия предполагает «родство» Плутона с некоторыми из наиболее плотных спутников Юпитера и Сатурна, но все они превосходят его по размерам. Кроме того, в результате столкновения с метеорными телами они, по-видимому, потеряли имевшийся водяной лед, а на Плуtone его много.

Наконец, согласно еще одной версии, Плутон представ-

ляет собой крупнейший из астероидов, находящихся у края Солнечной системы. Объект, сформировавшийся столь далеко от Солнца, по оценкам, должен обладать большей плотностью, чем планеты и спутники, образовавшиеся в той области, где ныне находятся Юпитер, Сатурн и Уран.

Радиоастрономы установили, что молекулярные облака в основном состоят из молекул водорода и окиси углерода. В процессе конденсации газов в районе, например, орбиты Сатурна, они разогрелись бы солнечным теплом до такой степени, что молекулы, рекомбинируя, образовали бы лед водного и метанового происхождения, отличающийся низкими плотностями.

Однако на большом удалении от Солнца кислород окиси углерода соединяется с атомами кремния, железа, алюминия и других элементов и образует плотный каменный материал.

Приведенные выше соображения позволили заключить, что Плутон не является «беглой» луной какой-либо планеты, как это предполагалось ранее, а возник самостоятельно, скорее всего, как астероид. Этот вывод будет проверен в августе 1989 г., когда «Вояджер-2» пройдет рядом с Тритоном — крупнейшим спутником Нептуна, по размерам сходным с Плутоном.

New Scientist. 1988. Vol. 119, № 1632. P. 43 (Великобритания).

Планетология

«Ледяной вулканизм» спутников Урана

До недавнего времени оставалось неясным, почему поверхность спутников Юпитера, Урана и Сатурна выглядят так, будто неоднократно подверглась переработке, откуда берется необходимая для этого энергия?

Возможный ответ предлагают Д. Дж. Янковский и С. У. Скуайрс (D. J. Jankowski, S. W. Squyres; Корнелльский

университет, Итака, штат Нью-Йорк, США), проанализировавшие фотографии спутников Урана, сделанные «Вояджером-2».

Особое внимание привлекли Ариэль и Миранда. На первом существует крупный каньонообразный объект под названием Брауни Хазма, напоминающий земной грабен — разлом, возникший при растяжении поверхностного слоя.

Плотность материала, из которого сложен Ариэль, определялась по влиянию притяжения спутника на траекторию движения космического аппарата. По-видимому, более чем на 50 % спутник состоит из льда.

Полагают, что вещество, поднимающееся из недр к поверхности через разлом, является жидким. Достигнув поверхности, оно, прежде чем замерзнуть, должно, казалось бы, образовать плоскость. Однако в действительности между стенками разлома, отстоящими друг от друга на 80 км, расположен хребет с округлым гребнем, высота которого достигает 1500 м.

Несомненно, хребет сложен льдом, но как жидкость, главным образом вода, могла образовать такое возвышение? Исследователи считают, что поднимающийся к поверхности материал вначале был льдом, так как обладая пластичностью и большей вязкостью, он не мог свободно растекаться по поверхности, где температуры достигают —203 °С.

Среди снимков, полученных с «Вояджера», лишь на немногих освещенность такова, что позволяет определить углы наклона поверхности; однако и на них различаются хребтообразные образования.

Но что заставляет лед подниматься вверх по расселинам? По мнению исследователей, в состав льда могут входить аммиак, метан или окиси углерода, которые влияют на чистый водяной лед, изменяя степень его плавучести по сравнению с окружающим материалом, представляющим смесь льда с камнями. Эту гипотезу необходимо проверить в лабораторных экспериментах.

Химия атмосферы

Вулканы и озон

Американские геохимики Р. Саймондс (R. Symonds; Мичиганский технологический институт, Хафтон) и М. Рид (M. Reed; Университет штата Орегон, Корваллис) сопоставили химический состав газов, выбрасываемых в атмосферу при извержении вулканов всего мира. Оказалось, что хлористый и фтористый водород занимают ведущее место среди хлор- и фторсодержащих газов вулканического происхождения.

Ежегодный выброс хлористого водорода из вулканов в воздушное пространство составляет $(0,4 \div 11) \cdot 10^6$ т; а для фтористого водорода эта величина равна $(0,06 \div 6) \cdot 10^6$ т. Приблизительно 10 % этих газов выделяются при извержениях взрывного типа, выбросы которых достигают стратосферы: известно, что эти газы разлагают озон. Однако такие явления происходят весьма нерегулярно, и одно мощное извержение может существенно изменить концентрацию газов.

Кроме газов, выбрасываемых вулканами, на озон влияют многие вещества, поступающие в атмосферу в результате человеческой деятельности. Количество бромсодержащих веществ сравнительно невелико — всего несколько тысяч тонн в год. Однако окислы брома значительно более эффективно, чем хлористые вещества, разлагают озон. Совместно реакции с участием окисей брома и хлора могут уничтожить молекулы озона даже в отсутствие солнечного излучения. Существует также цикл с участием BrO и ClO , создающий окись ClO_2 , которая, вероятно, истощает озоносферу каждой антарктической весной.

Среди важнейших веществ подобного рода находятся также CBrClF_2 и CBrF_3 . Впервые сравнительно длительные и детальные измерения их содержания в атмосфере выполнены в 1987 г. международной группой метеорологов, возглавляемой О. Сингхом (O. Singh; Институт аэронауки им. Планка, ФРГ). Одновременно в Хайдер-

абаде (Индия) и Гапе (Франция) запускались метеобаллоны с измерительными приборами; при их помощи на высотах до 34 км были сделаны пробы воздуха. Их анализ показал, что содержание CBrClF_2 составляет две части на 1 триллион по объему; с начала 80-х годов оно возрастает примерно на 12 % в год. Концентрация CBrF_3 сейчас достигает 1,3 ч. на 1 триллион, и каждый год она увеличивается на 5 %. CBrF_3 разлагает молекулы озона гораздо более эффективно, чем любой хлорфторуглерод антропогенного происхождения, уже известный своей «враждебностью» к озоносфере.

Nature. 1988. Vol. 334. P. 415, 593 (Великобритания).

Физика

Спектр космических протонов

Первое прямое измерение спектра частиц высоких энергий в составе космических лучей было проведено на ИСЗ «Протон» в 1965—1966 гг. Получены спектры протонов в интервале энергий $10^{10} - 2 \cdot 10^{13}$ эВ и спектры всех частиц космических лучей в интервале $3 \cdot 10^{10} - 10^{14}$ эВ. Оказалось, что при высоких энергиях показатель степени, характеризующий крутизну спектра протонов, примерно на 0,5—0,7 больше, чем у спектра ядер.

Высказывалось предположение, что более крутой спектр протонов вызван обратным током частиц из ионизационного калориметра, измеряющего энергию частиц, в детектор зарядов. Поскольку различие в спектрах протонов и ядер принципиально для физики космических лучей, было решено провести новый эксперимент с такой аппаратурой, в которой обратный ток в детектор не влиял бы на результаты измерений. Специально сконструированные приборы «Сокол-1» и «Сокол-2», а также тщательная обработка измерений позволили достичь этой цели.

Результаты эксперимента,

проведенного на ИСЗ «Космос-1713», совпали с предыдущими и подтвердили, что при энергиях 1 ТэВ спектр протонов спадает быстрее, чем спектр ядер.

Письма в ЖЭТФ. 1989. Т. 49. Вып. 2. С. 71—74.

Физика

Экспериментальная проверка возможного нарушения принципа Паули

В. М. Новиков и А. А. Поманский (Институт ядерных исследований АН СССР) установили новое ограничение на возможное нарушение принципа Паули для атомных электронов.

Согласно этому принципу, у частиц с полуцелым спином любое квантовомеханическое состояние может быть занято не более, чем одной частицей. Нарушение принципа Паули означало бы отказ от одного из наиболее общих свойств квантовой теории. Поэтому время от времени делаются попытки установить экспериментальное ограничение на возможные его нарушения.

Так, пытаются зафиксировать нарушения этого принципа для электронов в атоме (как известно, стабильность атомов связана именно с принципом Паули: электроны внешних оболочек не могут приблизиться к ядру — внутренние оболочки заняты). Если бы принцип Паули нарушался, среди «нормальных» атомов с номером Z существовали бы аномальные атомы («монстры») того же вещества, но, вследствие уменьшения числа валентных электронов, «замаскированные» в химическом отношении под атомы с $Z-1$. Тогда ограничение на количество «монстров» среди нормальных атомов давало бы ограничение на время жизни атома T относительно нарушения принципа Паули. Наиболее сильное на сегодня ограничение на T следует из эксперимента по проверке сохранения электрического заряда: $T > 3 \cdot 10^{22}$ лет.

Новиков и Поманский предложили определять T по количеству «монстров», образовавшихся во Вселенной при нуклеосинтезе (11—4,5 млрд

лет назад), т. е. за 4—5 млрд лет. При формировании Солнечной системы разделение первоначально однородного протонного вещества происходило в соответствии с химическими свойствами каждого элемента. Тогда сейчас (если принцип Паули нарушается) элемент Z содержит примесь «монстров» элемента $Z+1$. Их концентрация с при этом была бы равна: $c = TP(Z+1)/TP(Z)$, где t — время образования «монстра» (4—5 млрд лет), $P(Z)$ и $P(Z+1)$ — относительные концентрации элементов Z и $Z+1$. Наибольшая концентрация «монстров» достигается, когда $P(Z+1)$ велико, а $P(Z)$ мало; поэтому удачный выбор пары элементов позволяет существенно усилить ограничение на T . Предлагается использовать пару бор — углерод, для которых $P(C)/P(B) \approx 2 \cdot 10^6$.

Если среди атомов бора не удастся зафиксировать атомы с $Z=12$ на уровне чувствительности изотопного масс-спектрометра ($\sim 10^{-9}$), это можно интерпретировать как ограничение на концентрацию «монстров» ($c < 10^{-9}$) и на время жизни атома углерода относительно принципа Паули: $T > 10^{25}$ лет, что на два с половиной порядка превосходит прежние ограничения.

Письма в ЖЭТФ. 1989. Т. 49. Вып. 2. С. 68—70.

Физика

Взаимодействие реакторных антинейтрино с дейтонами

Группа И. И. Гуревича (Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова) получила первые экспериментальные данные о взаимодействии реакторных антинейтрино с дейтонами по каналу слабого заряженного тока.

Как известно¹, эта реакция может идти по двум каналам — нейтрального и заряженного токов:

$$\bar{\nu}_e + d \rightarrow n + p + \bar{\nu}_e, \\ \bar{\nu}_e + d \rightarrow n + n + e^+;$$

здесь $\bar{\nu}_e$ — электронное антинейтрино, d — дейтон (связанное состояние нейтрона n и протона p), e^+ — позитрон. Цель работы группы ИАЭ — экспериментальное определение сечений этих каналов.

До сих пор эти сечения рассчитывались в основном теоретически, экспериментально определялись только группой Ф. Рейнеса (США), и притом с невысокой точностью. По экспериментальным данным для этих сечений можно оценить параметры нейтринных осцилляций (превращений электронного антинейтрино в мюонное и обратно; возможны также превращения антинейтрино с изменением киральности). Параметры осцилляций можно выразить через отношение сечений для двух каналов, поэтому, экспериментально определив сечения, можно значительно уменьшить погрешность, связанную с неопределенностями в спектре реакторных антинейтрино.

Используемая в работе установка состояла из бака с тяжелой водой, окруженного защитой от внешних, в том числе космических, излучений. Поскольку антинейтрино обладают высокой проникающей способностью, защита не мешает им проходить через бак и взаимодействовать с дейтонами в тяжелой воде. Возникающие нейтроны регистрируются счетчиками: для канала нейтрального тока регистрируется один, для канала заряженного — два нейтрона.

Серия измерений продолжалась 47 сут. При этом из-за высокого фона не удалось измерить сечение для нейтрального канала; для заряженного величина сечения составила $(1,1 \pm 0,3) \cdot 10^{-44}$ см²/деление.

Измерения продолжают, принимаются меры к снижению фона.

Письма в ЖЭТФ. 1989. Т. 49. Вып. 3. С. 130—132.

действий // Природа. 1980. № 6. С. 9—17; № 7. С. 63—73; Смондырев М. А. Промежуточные векторные бозоны // Природа. 1983. № 12. С. 21—35.

¹ Подробнее об этом см.: Ансальм А. А. В поисках единой теории фундаментальных взаимо-

Поляризующие лазерные зеркала

Газовые лазеры делятся на два типа — с внутренними и внешними (по отношению к рабочему объему) зеркалами. Во втором случае возникают потери при выходе излучения из резонатора во внешнее пространство. Чтобы избежать этого, обычно окна, пропускающие излучение, закрывают специальными плоскопараллельными пластинами, наклоненными к оси резонатора под углом Брюстера. При падении под таким углом на плоскую поверхность излучение, поляризованное в плоскости падения, не отражается, полностью проходя во внешнее пространство.

Однако значительная доля серийно выпускаемых газовых лазеров имеет внутренние зеркала. Это удобно с точки зрения компактности и долговременности работы; но излучение таких лазеров неполяризовано, что приводит к нестабильности и энергетическим потерям, если оптическая система, использующая лазерное излучение, рассчитана на определенную поляризацию. Введение в резонатор поляризующих элементов усложняет конструкцию и увеличивает потери. Выход — селективные по поляризации зеркала, т. е. зеркала, отражение которых зависит от поляризации падающего излучения.

Максимальной анизотропией по отношению к линейно поляризованному излучению обладало бы зеркало, состоящее из решетки металлических полосок. Для излучения с поляризацией вдоль полосок оно имело бы большой коэффициент отражения, а поперек — малый. Однако ряд трудностей, например потери в металлических зеркалах для видимого излучения из-за повышения проводимости металлов в этом диапазоне, препятствует реализации столь простой конструкции.

В. Н. Бельтюгов и Ю. В. Троицкий (Институт автоматики и электрометрии СО АН СССР) предложили многослойное покрытие, которое, сохра-

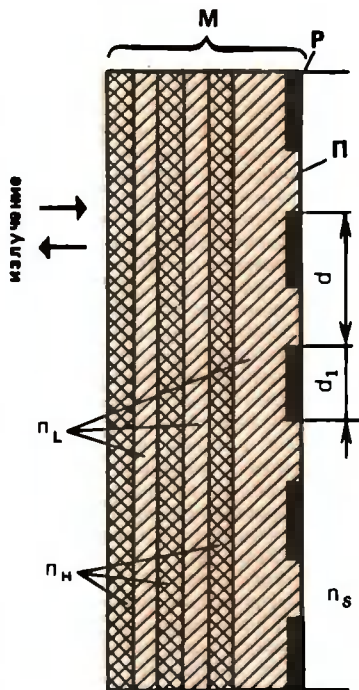


Схема металлodieлектрического зеркала: P — решетка с периодом d из проводящих полосок шириной d_1 , нанесенных на подложку P с показателем преломления n_s ; на нее нанесено диэлектрическое покрытие M из N слоев с чередующимися показателями преломления n_L и n_H ($n_L < n_H$, в оптимальном случае N — четное, а к решетке прилегает диэлектрик с n_L).

няя анизотропию, позволит улучшить энергетические параметры зеркала. Это покрытие как бы экранирует решетку, повышая коэффициент отражения и снижая омические потери. Регулируя число и толщину его слоев, можно получать зеркала с заданными коэффициентами отражения для излучений, поляризованных вдоль и поперек полосок.

Зеркала нужны как полностью не пропускающие излучение, так и полупрозрачные — для вывода излучения из лазера. Новая конструкция позволяет, варьируя параметры решетки, получать и такие зеркала. Изготовлены зеркала с пропусканием 6 % излучения и разницей коэффициентов отражения взаимно перпендикулярных по-

ляризаций около 63 %, которая обеспечит линейную поляризацию излучения.

Квантовая электроника. 1988. Т. 15. № 5. С. 972—974.

Техника

200 запоминающих устройств на одном кристалле

Сейчас производятся интегральные схемы типа ЗУПВ (запоминающее устройство с произвольной выборкой), максимальная емкость которых 512 кбайт. Шесть японских компаний готовятся к выпуску ЗУПВ емкостью 2 Мбайт.

На Международной конференции по интегральным схемам, состоявшейся в Нью-Йорке в феврале 1989 г., было сообщено о создании однокристалльной интегральной схемы типа ЗУПВ емкостью 32 Мбайт. Она разработана совместно японской и британской фирмами; идея разработки принадлежит И. Кэтту из Великобритании.

Технология изготовления нового ЗУ заключается в размещении на одной полупроводниковой кремниевой пластине 200 однотипных интегральных схем ЗУПВ. Каждая схема, емкостью 128 кбайт, подсоединена к логической схеме, которая, в свою очередь, связана с четырьмя соседними логическими схемами.

Для изготовления существующих ЗУ вытравливают идентичные компоненты (чипы) на кремниевой пластине, которая разрезается по числу чипов. Затем эти чипы монтируют на монтажной плате и устанавливают в электронном приборе. Такой способ дорог и трудоемок.

Новый процесс позволяет избежать разрезания пластины; он дает более плотную упаковку схем без использования проводов. Однако и ему присущ недостаток: высок процент дефектов при травлении пластины. Частично это компенсируется наличием программного обеспечения в развитой структуре логических схем устройства.

Скорость записи информации у новой однокристалльной

интегральной схемы в тысячу раз выше, чем у магнитных дисков. По мнению создателей, новые ЗУ займут промежуточное положение между дорогими быстродействующими кристаллическими ЗУ и дешевыми магнитными, не отличающимися высоким быстродействием.

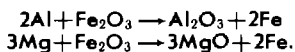
В настоящее время И. Кэйт намерен осуществить интеграцию на едином кристалле не только ЗУ, но и процессоров. Устройство будет представлять собой пластину, на которой расположена двумерная цепочка процессоров, каждый со своим ЗУ.

New Scientist. 1989. Vol. 121. № 1653. P. 35 (Великобритания).

Химия

Взрыв без образования газов

Н. С. Ениколопов (Институт синтетических полимерных материалов АН СССР, Москва) установил возможность протекания экзотермических химических реакций со взрывной скоростью в конденсированной твердой фазе без образования в системе газов. При сжатии в специальных наковальнях под давлением 10—20 кбар смесей твердых веществ, способных к экзотермическому взаимодействию, между ними начинается реакция со взрывной скоростью, например инициируемые давлением реакции термитных смесей:



Выделяемая энергия при этом столь велика, что стальные толстенные наковальни разрушаются. Время протекания реакции на несколько порядков ниже, чем для такой же реакции, инициируемой нагреванием без давления. Процесс вызывается одним только повышением давления — начальная температура в рабочей зоне близка к комнатной, в то время как без повышения давления для взаимодействия термитных смесей необходимы температуры около 1100 °С.

Отличие описанных реакций от традиционных взрывных взаимодействий заключается в

том, что они протекают одновременно во всем объеме твердой фазы и не образуют газовой фазы.

Итак, возникает возможность непосредственного перехода химической энергии термодинамически нестабильных твердых систем в механическую без участия газов. Возможно, описанный процесс моделирует до известной степени процессы, происходящие в недрах Земли, в частности землетрясения.

Доклады АН СССР. 1988. Т. 302. Вып. 3. С. 630—633.

Химия

Ферментативный синтез органических соединений из окиси углерода и водорода

А. Л. Лапидус, Ф. К. Мухитова и другие (Институт органической химии им. Н. Д. Зелинского АН СССР, Казанский институт биологии АН СССР) установили, что взаимодействие окиси углерода (СО) с водородом (H₂) с образованием различных органических соединений может происходить при комнатной температуре и небольшом давлении в водной среде под каталитическим воздействием экстрактов из клеток бактерий *Desulfovibrio Desulfuricans*.

Обычно же взаимодействие окиси углерода с водородом наблюдается в присутствии катализаторов при повышенном давлении (порядка 100—400 атм) и температуре 200—400 °С и применяется для получения альдегидов, спиртов и углеводов различного строения. В слабощелочных условиях (рН 8,0) из СО и H₂ образуются углеводороды с числом атомов углерода от 8 до 24, низшие спирты и кислоты. Максимальный выход продуктов реакции достигается при давлении в 2,5—3 атм, что, вероятно, связано с увеличением растворимости газов в воде; однако дальнейшее повышение давления приводит к снижению выхода продуктов, возможно, вследствие частичной дезактивации ферментов, содержащихся в клетках бактерий. На состав по-

лучаемых продуктов сильно влияет соотношение СО и H₂: максимальный выход органических продуктов при низких (10 %) и высоких (около 100 %) содержаниях СО в газовой смеси. Однако при недостатке СО образуется больше низкомолекулярных кислородосодержащих соединений, чем углеводов. Последние представляют собой смесь нормальных и разветвленных парафинов.

Таким образом, как по параметрам процесса, так и по составу образующихся продуктов, ферментативный синтез сложных органических продуктов из СО и H₂ существенно отличается от промышленного синтеза с использованием металлооксидных катализаторов. Исследованный процесс может помочь при разработке технологии получения ферментативным синтезом различных углеводородов как компонентов топлива для двигателей внутреннего сгорания, при этом можно использовать промышленные и сельскохозяйственные отходы, содержащие СО или СО₂.

Доклады АН СССР. 1988. Т. 300. Вып. 2. С. 368—371.

Генетика

«Сплавление» генов в изучении их экспрессии у бактерий

Группа американских биологов (кафедра биологии развития и клеточной биологии Гарвардского университета, Кембридж) предложила оригинальную методику «сплавления» генов при изучении их у грамположительной бактерии *Streptomyces coelicolor*.

Известно, что об экспрессии генов судят по наличию или отсутствию их продуктов, в большинстве случаев являющихся белками. Обнаружить эти белки проще, если они обладают какими-либо отличительными свойствами, например, являются ферментами и катализируют реакцию, продукты которой идентифицировать значительно проще. Например, для изучения экспрессии генов, продукты которых трудно опреде-

лить, используют метод, заключающийся в присоединении («сплавлении») к исследуемому оперону структурного гена такого легко идентифицируемого белка как фермент β -галактозидаза. Таким образом, как исследуемый, так и «сплавленный» с ним гены будут находиться под контролем одного и того же промотора и их экспрессия будет происходить одновременно и с одинаковой интенсивностью, что позволит по содержанию одного судить о наличии другого.

Авторы исследования применили «сплавление» гена бактерии *S. coelicolor* с не содержащим промотора опероном фермента люциферазы. Люциферазный оперон выделен из генома светящейся морской бактерии *Vibrio karveyi*; фермент катализирует реакцию, одним из продуктов которой является свет. Данный метод позволил авторам изучить экспрессию во времени и пространстве генов, необходимых для образования воздушного мицелия и связанных с образованием спор.

Science. 1988. Vol. 240. № 4853. P. 768—772 (США).

Иммунология

Вакцины против малярии

Группа сотрудников во главе с Г. Лоуэллом (G. H. Lowell; Кафедра бактериальных инфекций Вашингтонского армейского института) предложила в качестве вакцины против малярии использовать так называемые протеосомы, гидрофобно связанные с тетрапептидом состава (Асп-Про-Асп-Ала)_n, где $n=2, 4$ или 6 . Данный тетрапептид обладает сильным иммуногенным действием против возбудителя малярии *Plasmodium falciparum*, однако этого недостаточно для использования его в качестве вакцины. Нужный эффект достигается связыванием тетрапептида с протеосомами, представляющими собой препарат гидрофобных белков внешней мембраны возбудителя малярии. В водных растворах они образуют глобулы диамет-

ром 60—100 нм и сами по себе не обладают иммуногенным действием против возбудителя малярии. Величина иммунного ответа при использовании вакцин в большой степени зависела от соотношения протеосом и полипептида. Авторы считают протеосомы пригодными для изготовления вакцин против других инфекций.

Science. 1988. Vol. 240. № 4853. P. 800—802 (США).

Иммунология

Вакцина против чумы

Исследователи из Калифорнийского университета и их коллеги из Нью-Йорка (США) создали новую вакцину, с помощью которой, как они надеются, удастся искоренить чуму рогатого скота, вызываемую вирусом того же названия. От этого заболевания в мире ежегодно погибает около 2 млн животных. Основой для создания вакцины послужил вирус осповакцины, используемый для предупреждения оспы человека, в геном которого были включены два гена, выделенные из генома вируса чумы рогатого скота: ген НА и ген F, кодирующие соответственно фемагглютинин и белок, способствующий слиянию вируса и клетки.

Новая вакцина успешно прошла испытания в нью-йоркском Центре исследований болезней животных: 15 коров, которым ввели эту вакцину, выдержали заражение вирусом чумы рогатого скота, введенного в дозах, в 1000 раз превышающих смертельные, и не заболели, в то время как 4 контрольных животных, не привитых вакциной, заболели и погибли через 7 дней.

Созданная вакцина весьма дешева и доступна. При необходимости ее можно использовать и как вакцину против оспы. Как и последняя, она наносится на кожу животных в физиологическом растворе, что под силу любому фермеру. Важно и то, что новую вакцину можно хранить при комнатной температуре. Она может быть исполь-

зована для предупреждения заболеваний, близких к чуме рогатого скота, таких как чума овец, коз и некоторых других животных, в том числе для предупреждения чумы собак.

Science. 1988. Vol. 242. № 4881. P. 1058—1060 (США).

Биохимия

Новая функция полиаминов

Американские исследователи (Университет Рутгерса, Нью-Брунсуик, штат Нью-Джерси) обнаружили не известную ранее функцию полиаминов — природных низкомолекулярных регуляторов многих клеточных процессов, которые входят в состав всех про- и эвкаротических клеток. Оказалось, что полиамины:



являются ингибиторами АТФ-зависимого протеолиза (расщепления пептидных связей в белках).

Эксперименты проводили на ретикулярной ткани кроликов и обнаружили, что полиамины тормозят, в основном, активность кислых и нейтральных протеаз (ферментов, расщепляющих белки). Механизм торможения, по мнению авторов, объясняется тем, что в физиологических условиях полиамины представляют собой поликатионы, которые связываются электростатически или ковалентно с протеазой, возможно, при посредничестве других ферментов, не давая протеазе выполнять свою прямую функцию.

Ранее было показано, что содержание самих полиаминов

и ферментов, регулирующих их синтез, гораздо выше в растущих тканях (эмбриональных, опухолях, быстроразмножающихся микроорганизмах, в органах, регенерирующих после повреждения). Полиамины являются важными регуляторами роста клеток и тканей. Они влияют на биосинтез нуклеиновых кислот и белка, взаимодействуя с самими нуклеиновыми кислотами, а также хроматином, рибосомами, вирусами. Полиамины стимулируют транскрипцию, осуществляемую РНК-полимеразами, ускоряют синтез ДНК. Известно также влияние полиаминов на эффективность работы рибосом. Сравнение уровня полиаминов в опухолевых, иммунокомпетентных и нормальных клетках имеет, кроме того, диагностический характер.

Таким образом, новая функция полиаминов как ингибиторов протеолиза, по мнению авторов, устанавливает связь между ними и одним из важнейших клеточных процессов — ферментативным расщеплением белковых молекул.

FEBS Letters. 1989. Vol. 243. No 2. P. 141—144 (Нидерланды).

Авторы показали, что три стандартных ингибитора протеаз (гордокс, контрикал, ϵ -аминокапроновая кислота) подавляют размножение вируса СПИДа в культуре клеток. Гордокс в концентрациях 25—100 ед/мл при добавлении с интервалами 6 и 12 ч уменьшает число зараженных клеток в 1,5—2 раза. При уменьшении этого интервала возрастает число нежизнеспособных клеток, т. е. клетки разрушаются. Противовирусный эффект без токсического воздействия обнаруживается и при использовании более низких концентраций — 10 ед/мл с интервалом введения 6 ч. Аналогичное действие проявляет и контрикал. ϵ -Аминокaproновая кислота, противовирусное действие которой связывают с влиянием на проникновение вирусов сквозь клеточные мембраны, менее активна и обладает большим разрушающим действием на клетки в культуре.

Авторы считают, что ингибиторы протеолитических ферментов (химотрипсина, трипсина) способны подавлять репродукцию вируса СПИДа в культуре клеток, воздействуя на протеолиз вирусных белков.

Вопросы вирусологии. 1989. No 1. С. 53—55.

разглядывают лишь 8 мин. Это время постоянно для людей разного возраста и пола. Вообще существенных различий в интересе установить почти не удалось. Оказалось лишь, что мужчины достоверно дольше, чем женщины, рассматривают змей. Среди любой группы животных большее внимание уделяется самым крупным экземплярам. Наиболее популярны крокодилы, затем змеи и черепахи, реже всего зрители останавливаются у террариумов с ящерицами и земноводными. Как обычно на выставках, время, затрачиваемое на разглядывание экспонатов, обратно пропорционально числу посетителей.

Результаты этого исследования не просто любопытны. Они приводят к обескураживающему выводу: усилия и средства, затрачиваемые организаторами таких экспозиций, в значительной мере пропадают впустую. Многие «редкости» и сложные интерьеры вовсе не привлекают публику. Предполагается, что специальное исследование с применением интервьюирования поможет исправить ситуацию.

Zoo Biology. 1988. Vol. 7. No 4. P. 329—338 (США).

Вирусология

Ингибиторы протеолиза подавляют вирус СПИДа

Группа сотрудников Института вирусологии им. Д. И. Ивановского АМН СССР (Москва) экспериментально подтвердила гипотезу, ранее высказанную В. М. Ждановым, о новой стратегии в лечении вирусных заболеваний¹. Как известно, вирусные белки синтезируются в виде предшественников, которые превращаются в функциональные белки вируса после гидролиза протеазами. Следовательно, если подавить активность этих ферментов, вирусные белки не смогут образоваться и на пути вирусной инфекции станет заслон.

¹ См. подробнее: Новая стратегия в лечении вирусных заболеваний // Природа. 1989. No 3. С. 111.

Психология

Социологическое исследование в террариуме

В то время как посетители Дома рептилий Вашингтонского зоопарка знакомились с его богатейшей экспозицией, американские исследователи Д. Л. Марселлини и Т. А. Дженсен (D. L. Marrellini, Национальный зоопарк в Вашингтоне; Th. A. Jenssen, Вирджинский политехнический институт) наблюдали за ними, прохронометрировав при этом поведение 573 человек. По-видимому, такая социологическая оценка проведена впервые в мире.

Выяснилось, что, несмотря на все старания устроителей экспозиции (представлено 74 витрины с экзотическими животными), в среднем каждую

Медицина

Мутагенные «коктейли»

Все больше данных о том, что мутагенность многих химических соединений меняется в присутствии других веществ. Добавки одних веществ ослабляют мутагенное действие (антимутагенное влияние), а других — усиливают (комутагенное влияние). Оба влияния нужно учитывать в условиях все большего насыщения среды химическими мутагенами.

Л. Фергюсон и Б. Бегулей (L. R. Ferguson, B. C. Baguley; лаборатория раковых исследований Оклендского университета, Новая Зеландия) изучали лекарственный препарат верапамил (в СССР применяют верапамил, производящийся в Югославии под названием «изоптин»). Его широко используют при лечении сердечных заболеваний, так как

он расширяет сосуды сердца и увеличивает коронарный кровоток. Одновременно он снижает потребность сердечной мышцы в кислороде. Авторы показали, что сам верапамил не обладает мутагенностью, но усиливает мутагенное действие многих соединений. Комутагенное влияние верапамила установлено по отношению к ряду лекарственных препаратов, обладающих слабыми мутагенными свойствами, а также к красителям для волос.

Итак, при лечении верапамилом (изоптином) больной должен избегать лекарственных препаратов, обладающих даже слабыми мутагенными свойствами, а также мутагенов окружающей среды, в том числе бытовых.

Mutation Research. 1988. Vol. 209. № 1. P. 57—62 (Нидерланды)

Медицина

Механизм возникновения рака печени

Вирусный гепатит В может приводить к возникновению первичного рака печени (приблизительно в 1 % случаев). Исследователи из Парижского института Пастера и отдела по изучению гепатита клиники А. Тома в Лионе предложили объяснение молекулярного механизма этого процесса: он происходит в результате внедрения генома вируса гепатита В в генетический материал клеток хозяина, причем вирусный геном локализуется вблизи онкогена (гена, способного стимулировать развитие рака).

До внедрения вирусного генома онкоген находится в неактивном состоянии, но вирусный геном активирует его, что и приводит к онкологическому заболеванию. Авторы проводили эксперименты на американских лесных сурках, которые служат моделью для изучения биологических и патогенетических свойств вируса гепатита В человека, потому что гены вирусов, вызывающих заболевания человека и сурков, сходны по строению (нуклеотидной последовательности). При заражении виру-

сом гепатита В у сурков также возникает рак печени. Исследователи обнаружили активацию известного онкогена, называемого геном с-тус, в тех случаях, когда вирусный геном внедрялся в непосредственной близости от этого онкогена. По мнению авторов, такая интеграция генома вируса нарушает нормальный механизм контроля активности гена с-тус.

Cell. 1988. Vol. 55. № 4. P. 627—635 (США).

Медицина

Эффективная радиотерапия опухолей мозга

В Лондонской клинике Св. Варфоломея (Великобритания) разработан эффективный метод лечения опухолей мозга, который позволяет вводить непосредственно в опухоль радиоактивное вещество так, что опухоль получает достаточно высокую дозу облучения, оставляя здоровую близлежащую ткань нетронутой.

Радиоактивное вещество присутствует в материале тонких проволок, вводимых в ткань мозга. Точность попадания проволок в нужные места опухоли определяется путем предварительного сканирования опухоли, когда создается ее трехмерное изображение. На основании этих данных рассчитывают оптимальное расположение проволок. Так, для случая опухоли вытянутой формы лучшей является конфигурация трех параллельных проволок, равноудаленных от оси опухоли. В день операции проводят повторное сканирование, при этом череп больного жестко закрепляют в специальной раме. Цель повторного сканирования — координатная «привязка» опухоли к раме путем точного определения местоположения ряда реперных точек на опухоли. Для продолговатой опухоли таких точек две — на противоположных концах оси опухоли. Затем рассчитывают траектории ввода проволок в мозг; точность введения обеспечивается системой отверстий в раме, направляющих движение проволок.

Исследователи полагают, что данный метод может быть успешно применен к 10 % больных раковыми опухолями мозга.

New Scientist. 1989. Vol. 121. № 1654. P. 36 (Великобритания).

Биология

Паук — марафонец или спринтер?

Даже самые крошечные из пауков умеют строить колоссальную — в сравнении со своими размерами — ловчую сеть. На это требуется немало энергии, которую, казалось бы, можно в случае необходимости потратить и на дальние или очень быстрые перемещения в пространстве. Но на деле это не так. Пауки очень быстро утомляются. Биофизик-арахнолог (специалист по паукам) К. Прествич (K. Prestwich; Университет штата Флорида, Майами, США) принуждал довольно крупных пауков вида *Filistata hibernalis* бежать изо всех сил и обнаружил, что в течение 2 мин они еще могут это делать, но уже на исходе первых 20 с теряют 2/3 своей скорости.

Предложено два объяснения этому факту. Согласно одному, механизм утомления у пауков сходен с человеческим: при перенапряжении запас «топлива» (например, глюкозы) в мускулах истощается и начинают накапливаться продукты распада, такие как молочная кислота. Сторонники другой точки зрения исходят из факта, что у паука многие суставы не имеют мускулов и манипуляция ими производится с помощью гидравлической системы: стоит в соответствующей части конечности измениться давлению — и она вытягивается или сгибается. В этом случае паук устает, когда давление падает.

Прествичу удалось точно измерить давление, возникающее при беге в конечностях паука (для этого в тело подопытного животного вводили специально сконструированный катетер). При движении давление в конечности в 10 раз повышалось по сравнению с состоя-

нием покоя. Когда паук без перерыва бегал 15 с, давление достигало максимума — около 450 мм рт. ст. Если затем «гонять» паука еще более 1 мин, скорость его снизится, но давление останется на прежнем высоком уровне. Следовательно, дело не только в одной «гидравлике».

Химическая гипотеза тоже налагает определенные ограничения. Прествич обнаружил, что примерно через минуту напряженных физических упражнений в организме паука накапливается много молочной кислоты. Однако ею можно объяснить лишь усталость, которая возникает при относительно длительном упражнении. А фактически паук начинает уставать уже через 20 с после старта, задолго до образования избыточного количества молочной кислоты.

Изучая, какие биохимические изменения происходят в организме подопытных пауков сразу после начала упражнений, Прествич установил, что в первые 20 с содержание глюкозы почти не меняется, зато резко падает количество фосфатов — источников энергии. Как у *F. hibernalis*, так и у другого вида — *Lycosa lenta* — за 10 с бега фосфаты исчерпываются почти полностью.

Journal of Comparative Physiology. 1989. Ser. B. Vol. 158. P. 437, 449 (ФРГ).

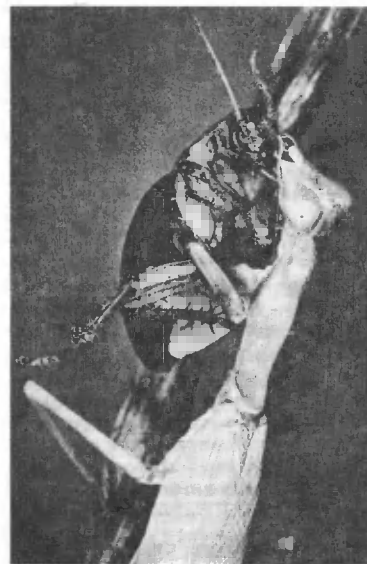
Биология

Половой каннибализм у богомолов

Видеосъемка спаривания крупного китайского богомола *Tenodera aridifolia sinensis* продемонстрировала редкий, вероятно, для богомолов процесс ухаживания, в ответ на которое самка принимает специфическую позу. И при этом — никакого полового каннибализма, столь широко известного по популярной литературе. Зато когда самцов подпустили к голодавшим самкам, шесть из семи бросились на самца сразу, еще до начала ухаживаний. Казалось бы, можно сделать вывод, что



Нормальный процесс спаривания у богомолов.



Начальный этап поедания богомол крупного таракана. Привычка сперва съесть голову жертвы важна, вероятно, и в случае полового каннибализма, ибо спаривание с поедаемым партнером возможно лишь пока повреждена его передняя часть, но не брюхо.

для этого вида богомолов половой каннибализм нетипичен, а проявляется в искусственно созданных условиях. И все же имен-

но он дает едва ли не единственный пример полового каннибализма в природе. Самка съела самца через несколько часов (1) после спаривания. Почему он столько времени оставался поблизости от нее, это загадка.

В экспериментах с другим крупным азиатским богомолем *Hierodula membraeapacea* ухаживаний не обнаружено. Самок этого вида поделили на три группы и кормили с разной степенью интенсивности: если в первой они получали пищу в избытке, то в третьей хоть и не голодали, но едва поддерживали свою массу. Среди самок первой группы лишь одна из пяти съела самца, а во второй и третьей группах — 20 из 26.

Еще в одном эксперименте содержавшихся впроголодь самок сравнивали по физиологическим показателям: им позволяли или не позволяли съедать самца, помещая пары в темноту (в темноте возможно завершение спаривания, но не охота). Оказалось, что у самок-каннибалов быстрее созревала первая оотека (кладка яиц), и ее масса, а следовательно число потомков, было на 20 % больше. Голодной самке съедать самца, несомненно, выгодно. Относительно же самца далеко не все ясно. Оставшись в живых, он мог бы спариваться еще несколько раз; с другой стороны, если самка спаривалась неоднократно, лишь часть ее потомства будет от данного самца. Таким образом, наличие или отсутствие полового каннибализма у богомолов зависит как от ситуации, так и от видоспецифических особенностей.

Итак, хотя и приобрели широкую известность опубликованные в 30-е годы сведения о том, что самец богомола, будучи обезглавленным своей хищной подругой, не только не утрачивает, но даже повышает способность к спариванию (тем более, что в популярной литературе факты стали излагать так, будто спаривание у богомолов вообще невозможно без того, чтобы самка не откусила голову самцу до или, в крайнем случае, после спаривания), все же у биологов до сих пор остаются сомнения, не является ли половой каннибализм следствием неестественности лаборатор-

ных условий. Во всяком случае, наблюдения показывают, что самцы вовсе не стремятся ценой собственной жизни удовлетворить аппетит самки, пусть даже ради лучшего обеспечения питательными веществами своих будущих потомков и увеличения их числа. Поэтому вопрос о половом каннибализме богомолов ученые продолжают изучать экспериментально¹.

В. М. Карцев,
кандидат биологических наук
Москва

Зоология

Пингвин-альбинос

В зоопарке Таронга (Сидней, Австралия) на свет появился пингвиненок-альбинос — случай весьма редкий, если не единственный.

Зная, как нетерпимы порой бывают птицы к своим сородичам, отличающимся цветом, новорожденного немедленно отделили от остальных пингвинов и стали выкармливать искусственно. Когда птенец подрос, встал вопрос о воссоединении его с соплеменниками. Решено было покрасить черной краской клюв, голову, спину и крылья альбиноса (грудь и живот у всех пингвинов белые). Но прежде все-таки попытались под строгим контролем, держа наготове большие сачки, подсадить альбиноса к пятимесячным его сверстникам, а затем, после этого удачного эксперимента, перевели его и ко взрослым птицам. Все приняли альбиноса нормально.

Теперь посетители зоопарка Таронга (а их число сразу возросло вдвое) могут одновременно наблюдать и обыкновенных обитателей Антарктиды, и их белого собрата.

New Scientist. 1989. Vol. 121. № 1647.
Р. 29 (Великобритания).

¹ Из числа последних работ с описанными здесь и другими экспериментами см., напр.: Birkhead T. R., Lee K. E., Young P. // Behaviour. 1988. Vol. 106. № 1—2. Р. 112—118.



Охрана природы

Африканские слоны вырождаются

Ц. Мосс (C. Moss), директор Кенийского исследовательского проекта «Слоны парка Амбосели», считает, что слонам угрожает исчезновение в ближайшие 20 лет — не столько вследствие простого снижения их поголовья, сколько из-за вырождения и нарушения обычного «семейного» образа жизни, свойственного этим животным.

Пятнадцать лет назад в Кении было 130 тыс. слонов. Сегодня их не более 20 тыс. Цены на бивни растут постоянно, и 1 кг их стоит на мировом рынке не менее 140 долл. Браконьеры бесчинствуют по всей Африке¹.

Взрослые и пожилые самцы с массивными бивнями уже почти все перебиты. Теперь объектом незаконной охоты стали молодые слоны, самки в детородном возрасте и особенно — «матриархи», которые по слоновьему обыкновению возглавляют семью.

Выборочное обследование не позволило обнаружить ни одного слона старше тридцати лет (они обычно дожили до шестидесяти); кое-где встречались даже стада, состоявшие из одних запуганных детенышей. Судьба африканского слона вызывает все большую тревогу.

Science News. 1988. Vol. 133.
№ 21. Р. 333 (США).



Охрана природы

Загрязнение снега в Канаде

Группа сотрудников Управления по охране природной среды в Оттаве во главе с Д. Грегором (D. Gregor) представила результаты изучения многочисленных образцов снега

¹ См. также: Судьба африканского слона // Природа. 1989. № 5. С. 116.

из различных высокоширотных районов Канады.

Подтверждено, что, несмотря на значительную удаленность от промышленных и крупных населенных пунктов, эти районы сильно загрязнены. В зимних осадках и снеговом покрове встречаются полихлорбифенилы, хлорорганические пестициды и полициклические ароматические углеводороды.

Концентрация пестицидов оказалась намного больше, чем до сих пор предполагали. В одном из образцов снега в 1 кг содержалось 43 нг вещества, образующегося при распаде пестицида линдана. Наибольшая известная концентрация этого вещества — 86 нг/кг, но это относится к южным районам Канады, где линдан постоянно применялся.

Ученые считают, что эти загрязнители поступают в полярную область Канады с переносимыми ветром парами влаги или мелкой пылью, образующими известную «арктическую дымку». Предполагается, что часть источников загрязнения может находиться на территории СССР.

New Scientist. 1989. Vol. 121. № 1647.
Р. 32 (Великобритания).



Экология

Дамбы на Севере не будут!

В Великобритании рассматривается проект строительства величайшей в мире морской дамбы. Это сооружение в устье р. Северн должно, не нарушая судоходство в портах эстуария, одновременно создать условия для использования энергии морских приливов и отливов.

Детальные разработки показали, что общая стоимость строительства и оборудования превысит (в нынешних ценах) 8,5 млрд фунт. стерл. Ни правительство, ни частный сектор не склонны идти на подобные расходы. Однако главный аргумент против строительства дамбы был высказан в ходе общественного, открытого для всех обсуждения, состоявшегося в январе 1989 г. Выяснилось, что стоимость единой энергии, вырабатываемой

электрогенераторами, установленными в теле дамбы, окажется существенно выше, чем у АЭС или станций, работающих на каменном угле: 6,37 пенсов за 1 кВт·ч, 3,09 пенса и 3,03 пенса соответственно.

Эти экономические соображения подкрепили многочисленные протесты против строительства Северной дамбы, обосновываемые экологическими аспектами.

New Scientist. 1989. Vol. 121. № 1651. P. 27 (Великобритания).



Экология

Новый способ очистки воды от нитратов

Исследователи из Высшей сельскохозяйственной школы г. Вагенингена (Нидерланды) разработали способ удаления нитратов из грунтовых вод, засорение которых нитратами произошло в результате передозировки удобрениями почва в Нидерландах и других странах Европы.

Способ включает ионообменную хроматографию и биологическую денитрификацию. Хроматография ныне применяется в США, однако в воде после очистки много солей и высока концентрация хлора. Использование одной денитрификации может привести к загрязнению вод бактериями, участвующими в очистке.

По новой технологии вода пропускается через ионообменник (колонку с пористой смолой), где нитрат-ионы заменяются бикарбонатом. Бактерии *Nurhomicrobium*, растущие на среде с метанолом во второй колонке, превращают нитраты в безвредный азот. В итоге получается вода, свободная от нитратов. Концентрация бикарбонатов в ней равна 100 мг/л при удалении около 50 мг/л нитратов. Вода слегка солоноватая на вкус, но совершенно безвредна.

Новый метод сравнительно дорог, но дешевле, чем другие способы очистки воды от нитратов.

New Scientist. 1988. Vol. 119. № 1626. P. 35 (Великобритания).



Экология

Число ржанок растёт

Английские орнитологи установили, что с 1970 г. на Британских о-вах утроилось число серых ржанок (*Pluvialis squatarola*) — болотных птиц, ежегодно прилетающих сюда зимовать со своих гнездовых в Сибири. Их численность начала расти еще в 30-е годы, а теперь ежегодно осенью прилетает не менее 21 тыс. ржанок.

М. Мозер (M. Moser; Британское орнитологическое общество), обследовав в течение нескольких лет устья 45 рек, где серые ржанки устраиваются на зимовку, установил, что в половине этих мест их число уже достигло предела, при котором они могут прокормиться. Причина, по которой неуклонно растёт число этих перелетных птиц, пока неясна.

Journal of Applied Ecology. 1988. Vol. 25. P. 37; New Scientist. 1988. Vol. 120. № 1635. P. 34 (Великобритания).



Экология

Цветы вдоль шоссе

Федеральное управление шоссейных дорог по мандату, выданному ему Конгрессом США, требует, чтобы из каждые 100 долл. государственных ассигнований, выделяемых на озеленение обочин дорог, 25 центов затрачивалось на посадку диких цветов местных видов.

По мнению специалистов, цветы не только украшают дороги, но и экономят деньги: существенно уменьшают необходимость в поливе и скашивании травы на обочинах. К тому же они, кажется, удерживают людей от разбрасывания мусора.

Впрочем, штатам дано право отказаться от высадки диких цветов там, где они плохо растут или же слишком мало места для посадки (например, вдоль некоторых дорог близ городов или на полосах земли вдоль шоссе, используемых для

выращивания сельскохозяйственных культур).

International Wildlife. 1988. January—February. P. 28 (США)

Геофизика

О природе сверхглубоких землетрясений

Из сейсмологических наблюдений известно, что глубоководные землетрясения (ГФЗ) происходят в основном в районах островных дуг Тихоокеанского сейсмического пояса на глубинах, не превышающих 700 км. Гипоцентры ГФЗ располагаются в сравнительно узкой (около 100 км) и холодной литосферной плите, уходящей от глубоководного желоба под островную дугу (зоны субдукции). На границе переходная зона — нижняя мантия (глубина 670—700 км) происходит резкое уменьшение или даже прекращение сейсмичности.

Традиционная геофизическая интерпретация этого факта связывается с неспособностью литосферной плиты проникать в нижнюю мантию либо из-за химического барьера (например, увеличения содержания кремнезема в общем составе вещества нижней мантии), либо из-за выравнивания температур между плитой и мантией на глубине около 700 км, где температура достигает 1600 °C (при столь высоких температурах породы становятся пластичными и уже не испытывают резких разрывов, способствующих высвобождению сейсмической энергии).

Американские ученые Р. Жанлоз и Ч. Мид (R. Jeanloz, Ch. Meade, Университет штата Калифорния в Беркли), задавшись целью установить, возможны ли вообще землетрясения на глубинах вплоть до 700 км, где гигантские давления не должны позволять породам растрескиваться, провели серию экспериментов¹, имитирующих условия, характерные для зон субдукции.

¹ Jeanloz R., Meade Ch. // Science News. 1988. Vol. 133. № 21. P. 326.

Давления в 200 кбар (в 200 тыс. раз больше атмосферного) они достигали, поместив образец мантийной породы (оливин, пироксен, серпентин) между двумя крошечными алмазными наковальнями, а чтобы заставить породу растрескаться, образец нагревали и одновременно подвергали типичному для мантийных условий небольшому боковому сжатию. Стоило температуру превысить 600 °С, как образец начинал издавать щелкающий звук — свидетельство того, что растрескивание, моделирующее землетрясение, произошло. Очевидно, при этой температуре кристаллическая структура серпентина (гидратированного минерала) разрушалась с высвобождением ранее связанной воды. А это вело к уменьшению трения внутри породы и одновременно — к сдвиговым деформациям в кристаллической породе. Поскольку погружающиеся в зонах субдукции холодные литосферные плиты, представляющие собой дно древнего океана, содержат гидратированные породы, то после достижения определенных температур и давлений слагающие их минералы подвергаются дегидратации, растрескиваются и порождают глубоководные землетрясения. В этом и состоит суть гипотезы калифорнийских ученых.

Если эксперименты с алмазными наковальнями действительно воспроизводят физико-химические условия в мантии, становится понятным, почему сейсмическая активность отсутствует на глубинах свыше 700 км: на такой глубине литосферная плита прогревается до столь высокой температуры, что породы обезвоживаются и перестают инициировать ГФЗ.

О. Л. Кусков,
доктор химических наук
Москва

Океанология

Сюрпризы подводных гидротерм

Более 10 лет продолжается изучение подводных гидротерм,

впервые обнаруженных в северной части Восточно-Тихоокеанского поднятия (ВТП). Средняя глубина расположения этих активных гидротермальных выходов не превышает 2500 м, а максимальная температура излияний достигает 350 °С. Поначалу казалось, что это явление хорошо вписывается в новую геологическую концепцию раздвига литосферных плит и приурочено к зонам высокоскоростного (до 12 см/год) спрединга. Полной неожиданностью явилось открытие в 1985 г. двух гидротермальных полей на Срединно-Атлантическом хребте (САХ), где скорость спрединга невелика (не более 1,5 см/год), и потому вероятность нахождения здесь активных гидротерм представлялась крайне маловероятной. Один из выходов (на 26°08' с. ш.) приурочен к гидротермальному полю, известному отложениями окисленных марганцевых руд, второй находится в 25 км к югу от разлома Кейн (на 23°22' с. ш.), в гидротермальном поле, на котором в 106-м рейсе «ДЖОЙДЕС Резолюшн» было заложено несколько скважин. Таким образом, гидротермы на САХ не только существуют, но, как оказалось, сульфидные отложения вокруг их выходов гораздо крупнее, чем на ВТП. По визуальным определениям их масса достигает нескольких миллионов тонн (если допустить, что все гидротермальные холмы сложены сульфидами). Это впервые позволяет сопоставить сульфидные отложения активных зон океанического дна с рудными телами, разрабатываемыми на суше в древних океанических породах — офиолитах.

Обнаруженные на САХ гидротермальные выходы находятся на глубине 3500—3700 м, т. е. значительно глубже, чем на ВТП. Можно было ожидать, что флюиды, циркулирующие в активных зонах САХ, связаны с режимом больших давлений и температур, а это должно отразиться на их химическом составе. Однако и состав флюидов, и максимальные температуры

их излияний на САХ и ВТП оказались близки. По мнению исследователей, сходны и главные факторы, контролирующие состав основных элементов гидротермальных растворов. Однако из соотношения некоторых элементов (щелочных, редкоземельных) и изотопов бора следует, что флюиды гидротерм на САХ реагируют не только со свежими базальтами, как на ВТП, но и с выветрелыми (вторично измененными). Авторы считают, что верхний предел температуры излияний в 350 °С при более высоком гидростатическом давлении определяется свойствами циркулирующих флюидов и скоростью осаждения вторичных минералов, что приводит к закупориванию отдельных гидротермальных выходов.

Из сопоставления состава изливающихся флюидов на изученных полях ВТП и САХ можно было бы сделать вывод об их сходстве в разных океанах, однако этому мешают данные исследований новейшего подводного вулкана Лоихи, расположенного на глубине 1000—1300 м к юго-западу от о. Гавайи⁶. Он очень активен и извергает самые различные типы лав. Сопровождающиеся сульфидными отложениями высокотемпературные гидротермальные выходы, по-видимому, можно было бы охарактеризовать как изолированные действующие вулканы, подобные Лоихи. Вместе с тем состав флюидов, изливающихся в Лоихи при 30 °С, весьма отличен от состава срединно-океанических гидротерм с типичными восстановительными условиями: они оказались окисленными, сульфатными, обогащенными Ba, SiO₂, Fe, Mn, NH₃, растворимой углекислотой и бикарбонатом. Источник углерода неясен, но установлено, что его концентрация примерно в 150 раз выше, чем в окружающей морской воде. Вероятно, гидротермальные системы срединно-океанических хребтов могут существенно отличаться от находящихся вне их пределов.

Новые данные заставляют переосмысливать принятые мо-

¹ Campbell A. C. et al. // Nature. 1988. Vol. 335. No 6190. P. 514—518.

² Karl D. M. et al. // Ibid. P. 532—535.

дели. Состав флюидов, изливающих в разных океанах; их различия, связанные с тектоническими причинами; гигантские разовые выбросы флюидов в виде мегаплум³ — все это значительно усложняет наши представления о процессах на дне океана.

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

География

Наступают ли пустыни?

В последнее десятилетие среди географов, гидрологов, климатологов, метеорологов, почвоведов утвердилось мнение, будто на земном шаре настало время активной деэртификации (опустынивания). Специальная карта динамики пустынь, представленная на международной конференции в Найроби (Кения) в 1977 г., показывала, что южная граница Сахары за одно лишь десятилетие (1958—1968 гг.) продвинулась к югу на 100 км. В различных регионах Земли под натиском гигантских дюн наблюдалось постепенное исчезновение населенных пунктов. В документах ЮНЕП (Программа ООН по окружающей среде) сообщалось, что ежегодно полностью или почти полностью в бесплодные земли превращается 21 млн га.

Однако ныне многие специалисты склонны считать, что опасность была преувеличена и излишне генерализована, ссылаясь при этом как на отсутствие четкого определения самого понятия «деэртификация», так и на недостаточное подкрепление выводов репрезентативным массивом данных. Например, опросные сведения, полученные ЮНЕП в 1982 г., собирались в африканских странах в разгар сильнейшей засухи и часть вопросов так и повисла в воздухе. Утверждение, что Са-

хара наступает на юг со средней скоростью 6 км/год, основанное на выводах эколога Х. Лампри (H. Lamprey; Всемирный фонд охраны дикой природы), сделанных им в 1975 г., теперь опровергают географы К. Агню и Э. Уоррен (С. Agnew, A. Warren; Университетский колледж в Лондоне). Они считают, что на границах Сахары крайне мало метеостанций и, соответственно, недостаточно наблюдательных данных; 1975 г. отличался редкой засухой, и трудно было отличить временное ее воздействие от предполагаемой нарастающей деэртификации.

Пока неясно также, насколько постоянным явлением стало уменьшение количества осадков в Сахеле (широкой полосе к югу от Сахары), наблюдаемое с конца 60-х годов. Группа шведских специалистов, работающих в суданской части Сахеля, не нашла признаков необратимой деградации почв; с возобновлением обычной системы осадков они восстановят свое плодородие. Спутниковые данные показывают, что с 1982 по 1984 г. в Сахеле растительный покров отступал на юг, но в 1985—1987 гг. отмечено его общее продвижение на север (аналогичная динамика наблюдалась в аридной зоне Нового Южного Уэльса в Австралии). Климатолог Г. Фармер (G. Farmer; Университет Восточной Англии в Норидже, Великобритания) подчеркивает, что ряд метеонаблюдений в Сахеле слишком короток, чтобы делать далеко идущие прогнозы, а все математические модели недостаточно совершенны, чтобы решить, к чему может привести глобальный «парниковый эффект» в Сахеле — к опустыниванию или повышению влажности. Даже краткосрочные прогнозы пока неточны: весной 1988 г. Метеорологическая служба Великобритании предсказала, что наступающее лето в Сахеле будет самым засушливым за последние 100 лет, но, обработав в июне данные об изменениях течений и температуры вод Тихого и Атлантического океанов, метеорологи сменили прогноз, предсказав повышенную влажность, и он оправдался: такого обилия осадков, как летом 1988 г., в Сахеле не

наблюдалось последние 20 лет.

Таким образом, вполне вероятно, что мы имеем дело с «пульсирующим» процессом деэртификации.

New Scientist. 1989. Vol. 121. № 1650.
Р. 31—32 (Великобритания).

География

Когда возникли муссоны?

Регулярно с мая по сентябрь в северо-восточном направлении через всю область над Аравийским морем дуют ветры со скоростью до 50 км/ч и переносят огромные массы испарившейся влаги на Индостанский п-ов — от Шри-Ланки до гор и долин Гималаев. Здесь от них полностью зависит хозяйственная деятельность почти миллиарда людей. Но когда возник этот гигантский и довольно четко действующий метеорологический механизм, оставалось до сих пор неясным.

Изучая эту проблему, геохимик Т. Педерсен (Т. Pedersen; Университет Британской Колумбии в Ванкувере, Канада) подверг анализу большое число образцов осадочных пород, поднятых со дна Аравийского моря и собственно Индийского океана в районе конуса выноса р. Инд и подводного хребта Оуэн. Во всех образцах отчетливо различимы следы, оставленные древними муссонами. Это микроскопические остатки диатомовых водорослей и скелетов одноклеточных радиолярий; муссонные ветры, дующие над относительно мелководным морем, взмучивают воду, вздымая и перенося остатки этих организмов, а затем они перетрагиваются заново, что легко прослеживается геохимическими методами.

Теперь установлено, что первый слой таких осадков отложился в период между 8 и 6 млн лет назад. Это подтверждает ранее выдвинутую гипотезу, согласно которой муссонный механизм сформировался в результате гигантского геотектонического процесса — столкновения Индостанской и Евразийской литосферных плит, приведшего к образованию Гима-

³ Базилевская Е. С. Гидротермальные мегаплумы // Природа. 1988. № 2. С. 117.

лаев и Тибетского нагорья. После возникновения этой величайшей горной системы мира и сложились метеорологические условия, при которых разогревающиеся летом над Тибетским нагорьем массы воздуха вступают во взаимодействие с более холодными массами над Индийским океаном — в этот сезон устойчиво дуют ветры с океана на сушу. Зимой, с ноября по март, муссонные ветры меняют направление на обратное. Одновременно со сменой муссонов происходит смена сухой малооблачной зимней погоды на дождливую летнюю.

По геологическим свидетельствам, подъем Гималайских гор начался примерно 20—15 млн лет назад, но именно около 8—6 млн лет назад они достигли высоты, которая позволила влиять на атмосферную циркуляцию, вызвав к жизни столь четкую сезонную систему муссонов.

New Scientist. 1988. Vol. 117. № 1595.
Р. 40 (Великобритания).

Палеонтология

Когда появились млекопитающие на Карибских островах?

Дж. Пойнар (G. Roinar; Университет штата Калифорния в Беркли, США) опроверг устоявшуюся точку зрения, будто самые древние млекопитающие населяли острова Карибского моря в плейстоцене — всего 100 тыс. лет назад. Изучив флок шерсти, заключенный в куске янтара, найденного в одной из шахт Доминиканской Республики (о. Гаити), Пойнар установил, что животное, которому принадлежала шерсть, населяло этот остров не менее 40 млн лет назад, в эоцене.

Среди прядей шерсти обнаружены остатки четырех насекомых-паразитов размером с блоху. Два из них похожи на те виды паразитов, которые встречаются у современных грызунов. По-видимому, и обладатель найденной шерсти тоже был грызуном. Очевидно, он терся о ствол дерева, и пряди шерсти попали в поток смолы,

которая со временем превратилась в янтарь.

Автор делает вывод, подкрепляющий гипотезу геологов, согласно которой в эоцене нынешние острова Карибского бассейна составляли единое целое с Американским континентом, откуда животные переселились «посуху», а не вплавь или на естественных плотках, как предполагалось раньше.

New Scientist. 1988. Vol. 118. № 1611.
Р. 35 (Великобритания).

Палеоантропология

Самый первый британец

В Оксфордском университете новейшими методами радиоуглеродного датирования с использованием ускорителя заново определен возраст человеческой челюсти и скуловой кости, найденных в 1927 г. в пещере Торкуай (графство Кент, Англия). Им по меньшей мере 31 тыс. лет. Поскольку сомнений, что они принадлежали *Homo sapiens*, нет, становится очевидным, что уже в столь отдаленное время Европу населял человек, анатомически от нас неотличимый.

Большую древность этой находки ученые предполагали и ранее, исходя из типа каменного орудия труда, обнаруженного в тех же отложениях, что и костные остатки. Теперь это подтверждено вполне достоверно.

Некоторые черты изучавшихся фрагментов черепа отличают его владельца от неандертальца, который населял Европу 32—35 тыс. лет назад. Древнейший житель Кента, очевидно, был сходем с кроманьонцем Франции.

New Scientist. 1988. Vol. 120. № 1640.
Р. 26 (Великобритания).

Археология

«Остановленное мгновение» палеолита

Оригинальные и чрезвычайно редкие для эпохи палеолита находки отличают много-

слойные поселения древнего человека в районе пос. Майна на Верхнем Енисее. В связи со строительством Майнской ГЭС и предстоящим затоплением ряда районов здесь уже девять полных сезонов работает экспедиция Ленинградского отделения Института археологии АН СССР, возглавляемая автором этого сообщения. За предшествующие годы среди интереснейших открытий выделяется единственная на территории нашей страны по своей древности глиняная статуэтка эпохи позднего палеолита, которая ныне экспонируется в Государственном Эрмитаже¹.

Не менее любопытные открытия сделаны в самое последнее время. При раскопках стоянки Уй II во втором культурном слое (возраст около 11 тыс. лет) были обнаружены остатки выразительного жилого комплекса. Вероятно, в древности это жилище имело вид чума или шалаша неправильной овальной формы с коническим перекрытием из жердей, поверх которых накидывались шкуры животных. Теперь же оно представляло собой углистую линзу темно-серого цвета, которая до предела была насыщена обломками костей и расщепленным камнем. В центре жилья располагался очаг, окруженный кольцевой обкладкой из крупных валунов и каменных плит. Четкие границы этого скопления остатков резко контрастировали с редкими находками на окружающей площади.

Самое поразительное заключается в том, что прямо на каменных обкладках очага лежали отборные каменные орудия, оставленные непосредственно в местах их использования: крупное скребло — орудие для обработки шкур; долотовидное изделие для работы по дереву; массивное ядрище — галька со следами снятия нескольких отщепов и т. п. Валун, окружавший очаг, служили, таким образом, своего рода «рабочими столами». Из прочих находок следует отметить великолепный

¹ Подробнее см.: Васильев С. А. Палеолитический человек в горах западного Саяна // Природа. 1988. № 3. С. 94—99.



Остатки палеолитического жилища во втором культурном слое стоянки Уй II. В центре — очаг с каменной обкладкой.

Археология

Когда курица стала домашней!

образец наконечника копья, сделанный из рога оленя, костяные иглы, бусины и др.

Подобные случаи крайне редки в археологической практике. Обычно на местах брошенных поселений мы находим вблизи очагов лишь многочисленные кухонные отбросы и слепанные в процессе изготовления или при работе изделия из камня и кости. И только путем кропотливого анализа всех остатков удается прийти к выводу относительно деятельности людей, населявших эти исследованные участки. Конечно, мы никогда не узнаем, что именно заставило обитателей стоянки внезапно покинуть обжитое место: резкий подъем воды в реке (это случилось в Саянском каньоне Енисея довольно часто вплоть до недавнего времени, строительства ГЭС), нападение соседей или еще что-то. Главное — находки позволяют наглядно воссоздать фрагмент жизни человека столь отдаленной от нас эпохи.

С. А. Васильев,
кандидат исторических наук
Ленинград

раздо ближе по размерам к домашней курице. К тому же находка сделана на много севернее мест обитания современной дикой курицы: все ныне существующие виды населяют субтропическую зону Индии и Юго-Восточной Азии и открытым равнинам предпочитают районы с густым растительным покровом. Палеоботаники считают, что в последние 10 тыс. лет никаких резких изменений в ландшафте Цзисяня, где были найдены кости кур, не происходило. Таким образом, маловероятно, чтобы куры могли появиться здесь без помощи человека.

Пути дальнейшего распространения домашних кур остаются загадочными. Индийский вариант теперь представляется весьма сомнительным. Северная находка в Китае скорее указывает на продвижение одомашненных птиц на запад через нынешнюю территорию СССР, причем Пэн предпочитает Великий шелковый путь, проходивший через оазисы Средней Азии, а Уэст — более северный путь, через степную полосу. В пользу второго варианта, возможно, говорят найденные советскими археологами при раскопках на Алтае игрушечные кожаные петушки, относящиеся к V в. до н. э.

Новые материалы — на фоне давно уже известных находок костей домашней курицы такого же и более древнего возраста на территории Европейской части СССР и Западной Европы — представляют большой интерес и требуют пересмотра традиционной точки зрения на пути проникновения домашних кур с востока на запад или же принятия версии о нескольких очагах одомашнивания этой птицы.

New Scientist. 1988. Vol. 120. № 1638.
Р. 32 (Великобритания).

До сих пор считалось, что человек одомашнил курицу примерно за 2 тыс. лет до н. э. в долине Инда, а затем эта, уже домашняя птица постепенно проникла в Европу через Ближний Восток. Эту точку зрения опровергают археологи Б. Уэст (B. West; Музей естественной истории в Лондоне) и Пэн Сюнжоу (Pen Xiong Zhou; Институт археологии АН КНР в Пекине), проанализировавшие результаты раскопок в ряде районов Европы и Азии.

Определенным радиоуглеродным методом возраст ископаемых костей домашней курицы, которые были найдены в районе Цзисяня (провинция Хэйлунцзян, Северо-Восточный Китай), оказался близким к 8 тыс. лет. Очевидно, впервые человек одомашнил дикую курицу в Восточной, а не в Южной Азии.

Что эта курица уже была домашней, ясно по размерам костей: у современной индийской дикой курицы длина бедренной кости редко превышает 69 мм, а у домашней она более 115 мм; ископаемые кости го-

Судьбы науки о наследственности

Академик А. Л. Тахтаджян

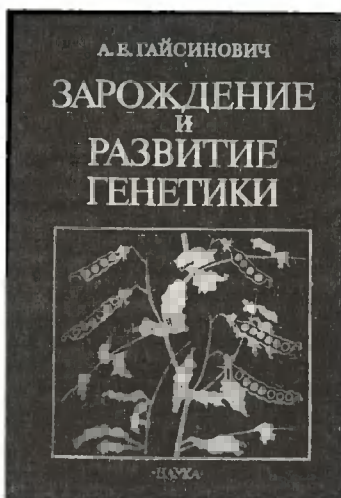
Член-корреспондент АН СССР С. Г. Инге-Вечтомов

Член-корреспондент АН СССР Ю. И. Полянский

В ТЕЧЕНИЕ почти четверти века генетика в нашей стране находилась под запретом. В 1964 г. ее права были формально восстановлены, но по существу в период застоя критика источников и правдивое изложение истории возникновения лысенковщины были запрещены. Широкие слои советских людей были полностью дезориентированы. Лишь за последние 3—4 года в этой области произошло оздоровление, которому немало способствовали наши писатели, в первую очередь Д. А. Гранин, В. Д. Дудинцев, В. И. Амлинский. Большую роль в разоблачении лысенковщины сыграли и многочисленные конференции и совещания по вопросам биологии, прокатившиеся по стране, и целый поток научных, научно-популярных и публицистических выступлений в периодических изданиях.

Но вместе с тем все более возрастала потребность в большой серьезной работе, которая охватила бы мировую историю генетики и показала на общем фоне судьбу этой науки в нашей стране. Эта важная задача на высоком научном уровне выполнена известным ученым, историком биологии А. Е. Гайсиновичем. Проблема поставлена им в очень широком историческом диапазоне. Автор не ограничивается ролью Нестора-летописца, бесстрастно излагающего факты, а дает их критический анализ как в социальном, так и в биологическом аспекте.

В начале книги обстоятельно рассмотрено возникновение представлений о наследственности с античных времен до начала XVIII в., когда в Европе стали развиваться иссле-



А. Е. Гайсинович. ЗАРОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ГЕНЕТИКИ / Отв. ред. В. А. Струнников. М.: Наука, 1988, 423 с.

дования по гибридизации растений. Рассказывая о работах «гибридизаторов» — предшественников Менделя, автор показал, как близки они были к раскрытию основных закономерностей наследования. У этих исследователей можно найти все: и доминирование, и расщепление, и комбинативную изменчивость, и одинаковый результат рецессивных скрещиваний. Все, кроме главного — ни один из них не подсчитывал соотношения классов в расщеплении. Казалось бы, дело оставалось за малым.

В действительности, как это ярко показано в книге, проблема была значительно глубже: ни Т. Э. Найт, ни Дж. Госс, ни Ш. Надэн не имели той оформленной гипотезы, которая

диктовала бы количественный метод ее проверки. Важность побудительных мотивов, которыми руководствуется экспериментатор, показана на примере Дарвина. Уже после открытия Менделя (анализ которого, кстати говоря, впервые дан на русском языке с такой детальностью) Дарвин опубликовал в 1868 г. результаты, полученные при скрещивании львиного зева. Не имея никакого представления о работах Менделя, Дарвин скрупулезно подсчитал соотношение классов в расщеплении, получил цифры близкие к 3:1 и тем не менее не увидел этого соотношения. Не искал и поэтому не увидел! Им владели иные гипотезы, и он не знал, что уже есть альтернатива «кошмару Дженкина», мучившему его долгие годы.

Почти никто не оценил работу Менделя по достоинству. Парадоксально, что чуть ли не единственным, кто понял и принял Менделя еще в 1874 г., был И. Ф. Шмальгаузен. И это произошло в России, куда менделизм и после его перетекновения пришел с большим опозданием. Не сделала погоды в развитии отечественной генетики и теория гетерогенеза С. И. Коржинского (1899), предвосхищая мутационную теорию Г. де Фриза (1901—1903).

Мендель не был понят, но, как показал дальнейший ход истории, альтернативы не существовало, и даже до перетекновения законов Менделя в 1900 г. биология уже пришла к ядерной теории наследственности. Нет необходимости пересказывать этот драматический период в истории науки. Лучше читать книгу Гайсиновича.

Большой интерес в ней

представляет анализ противоречивости во взглядах К. А. Тимирязева на менделизм. Это важно особенно потому, что на Тимирязева постоянно ссылались Т. Д. Лысенко и его единомышленники, пытались рассматривать его воззрения как одну из основ своих «теорий». В лысенковские взгляды Тимирязева извращаются и фальсифицируются так же, как и взгляды Мичурина.

Автор подробно анализирует причины запоздалого развития генетики в России. В Америке Т. Морган и его ученики уже сформулировали основные положения хромосомной теории. Европа уже была оплотом зрелого менделизма У. Бэтсона и В. Иоганнсена. А в России тем временем (1913—1914 гг.) о наследственности рассуждали преимущественно неспециалисты. И как это всегда бывает в таких случаях, предмет дискуссии деформируется, споры становятся бесплодными и бесконечными...

На этом фоне удивление и восхищение вызывают быстрые успехи зародившейся вскорости отечественной генетики. Московская и ленинградская школы во главе с Н. К. Колцовым, Ю. А. Филипченко, а затем и Н. И. Вавиловым уже на первых порах поражали широтой охвата проблем генетики как основы современной биологии, эволюционным преломлением генетических закономерностей. Здесь и развитие генетики природных популяций (С. С. Четвериков), и прорыв в область сложного строения гена (А. С. Серебровский), и понимание действия гена и нормы реакции (Н. В. Тимофеев-Ресовский, Б. Л. Астауров), и генетические основы селекции (Н. И. Вавилов), и теория отдаленной гибридизации (Г. Д. Карпеченко), и развитие цитогенетики (Г. А. Левитский), и многие другие события конца 20-х — начала 30-х годов.

В книге дается оригинальный и глубокий анализ вспыхнувшего ламаркизма в советской биологии 20-х и начала 30-х годов. Этот период истории отечественной биологии в значительной мере уже забыт, а между тем его значения не следует недооценивать. В некоторой степени он явился своеобразным пред-

дверием к появлению лысенковщины. Однако между взглядами Лысенко и ламаркистами 20-х и 30-х годов имеются существенные различия, ибо никто из ламаркистов этого периода не стоял на позициях отрицания основных закономерностей генетики, и в том числе закономерностей, установленных Менделем.

Далее А. Е. Гайсинович переходит к тем страницам отечественной истории, которые не могут не волновать любого честного человека. Об этом периоде нельзя ни писать, ни читать без волнения. Эти страницы следует считать кульминацией всей книги. Соответствующая глава названа, может быть, и не совсем удачно — «У истоков советской генетики: борьба с ламаркизмом». Глава охватывает не только 1914—1930 гг., но и последующий, наиболее трагический период истории нашей биологии, а именно: возникновение и расцвет лысенковщины вплоть до 1948 г. — и все дальнейшие события, которые касаются уже не столько возникновения, сколько уничтожения советской генетики, а затем ее официальной реабилитации, которую принято связывать с октябрьским (1964 г.) Пленумом ЦК КПСС.

Предпоследняя глава книги вновь возвращает нас в 20-е годы. Такое возвращение, на первый взгляд, может казаться неоправданным... Но вольно или невольно автор использует прием, подсказанный самой жизнью. Он показывает, что все, что происходит в нашей стране вокруг генетики (а отнюдь не в самой генетике) все эти годы, не имеет никакого отношения к развитию научных идей, а отражает околонуковую драму, связанную с неоправданной политизацией науки, приведшей к гибели выдающихся ученых, Н. И. Вавилова, Г. Д. Карпеченко, Г. А. Левитского и многих других, а также к потере отечественной биологией других не менее значительных умов: Ф. Г. Добржанского, Н. В. Тимофеева-Ресовского. Этот прием позволяет еще сильнее почувствовать, как долго наша генетика оставалась на уровне 20-х — 30-х годов.

Книгу вполне логично завершают главы, в которых гово-

рится о дальнейшем развитии хромосомной теории, искусственным получении мутаций, развитии отдаленной гибридизации, цитогенетики и т. д. Автор обращается к страницам новейшей истории: развитию современной теории гена. Завершает книгу глава «Возникновение биохимической и молекулярной генетики» — по необходимости краткая. Нельзя в одной книге охватить все, что происходило в генетике в мировом масштабе.

Может быть, не со всеми оценками А. Е. Гайсиновича можно согласиться, может быть, не все акценты удовлетворяют читателя-специалиста в области генетики. Может быть, автор излишне суров к У. Бэтсону — человеку, давшему имя генетике. Пожалуй, не во всем справедлива критика двух законов (принципов), предложенных Бэтсоном: «чистоты гамет» и «присутствия-отсутствия», объединяющих все три закона Менделя. Хорошо известно, что формулировки законов наследования принадлежат не Менделю, а его последователям: Г. де Фризу, Э. Чермаку и К. Корренсу. Вряд ли стоит отказывать еще одному из последователей Менделя — Бэтсону, — этому «Павлу менделизма» (Н. И. Вавилов), — в формулировании не трех, а двух законов, которые в чем-то глубже проникают в сущность наследственности.

Можно было бы остановиться на частных замечаниях: например, ошибочно утверждение на с. 351 о том, что Дж. Беквит синтезировал лактозный оперон кишечной палочки. В действительности, он его выделил, заложив тем самым основы генетической инженерии.

Но не это главное и не это доминирует в оценке книги А. Е. Гайсиновича. «Зарождение и развитие генетики» — не только отличное профессиональное историческое исследование. Это человеческий документ, написанный специалистом-генетиком, свидетелем, более того — участником исторических событий, представителем школы А. С. Серебровского. Именно поэтому автор пишет неравнодушно, заинтересованно, порой темпераментно. Книга снабжена обширной библиографией, хорошо

проработанным справочным разделом. Она содержит богатый иллюстративный материал — в ней много со вкусом подобранных и отчетливо воспроизведенных фотографий. Книга прекрасно издана.

К сожалению, большинство историков нашей генетики находится за рубежом. Это эмигранты или иностранные специалисты-историки, которые опубликовали по истории нашей генетики значительно больше, чем наши соотечественники.

Бедность, прежде всего кадровая, нашей истории генетики очевидна. Поэтому высокопрофессиональная работа А. Е. Гайсиновича вызывает особое уважение.

И последнее. XX век не случайно называют веком биологии, и обязаны мы этим в первую очередь генетике, произведшей революцию в биологии в начале века. Очевидно, что ни молекулярная биология, ни геновая инженерия, ни биотехнология без генетики разви-

ваться не могут. Чем раньше мы это осознали, чем скорее перестанем экономить на развитии генетики, тем меньшими потерями и большей выгодой это обернется в будущем. Появление труда А. Е. Гайсиновича именно сейчас в высшей степени полезно. Это прекрасное пособие для тех, кто планирует развитие нашей биологии. История напоминает, история предостерегает, история учит!

Научные редакторы:

И. Н. АРУТЮНЯН,
О. О. АСТАХОВА,
Л. П. БЕЛЯНОВА,
А. В. ДЕГТЯРЕВ,
М. Ю. ЗУБРЕВА,
Г. В. КОРОТКЕВИЧ,
Г. М. ЛЬВОВСКИЙ,
В. В. МАЙКОВ,
Л. Д. МАЙОРОВА,
Н. Д. МОРОЗОВА,
Е. М. ПУШКИНА,
Н. В. УСПЕНСКАЯ

Литературные редакторы:

Г. И. ПАНКОВА, С. С. ПЕРЕПЕЛКИНА

Художник П. П. ЕФРЕМОВ

Художественные редакторы:

Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Заведующая редакцией

О. В. ВОЛОШИНА

Корректоры:

О. Н. Богачева, Т. Д. Мирлис

В художественном оформлении
номера принимали участие

А. М. КОЛОМАЦКИЙ,
В. С. КРЫЛОВА,
В. А. СКРЕБНЕВ,
Е. К. ТЕНЧУРИНА

Ордена Трудового Красного
Знамени издательство «Наука»

Адрес редакции:

117049, Москва, ГСП-1,
Мороновский пер., 26
Тел. 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 31.05.89

Подписано в печать 19.07.89

Т—12140

Формат 70×100 1/16

Бумага офсетная, № 1

Офсетная печать

Усл. печ. л. 10,32

Усл. кр.-отт. 1445, 6 тыс.

Уч.-изд. л. 15,0

Тираж 54 000 экз.

Зак. 1335

Цена 80 к.

Ордена Трудового

Красного Знамени

Чеховский полиграфический

комбинат Государственного коми-

тета СССР

по делам издательства,

полиграфии и книжной торговли.

142300, г. Чехов

Московской области



Богатейшие остатки фаун и флор, добытые за 20 лет участниками Совместной Советско-Монгольской палеонтологической экспедиции, комплексный анализ палеонтологической летописи позволяют понять историю органической жизни на территории Монголии в течение полумиллиарда лет.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В МОНГОЛИИ



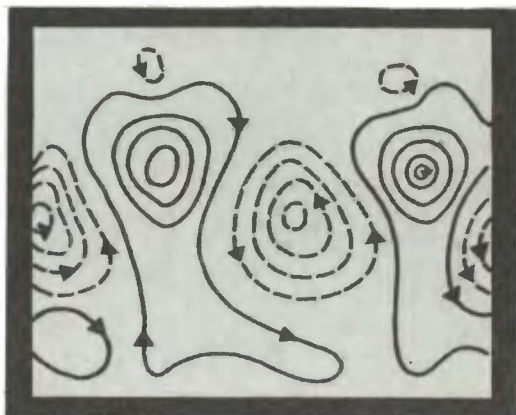
Проблема очистки городов от бытовых отходов еще ждет своего принципиального решения. А пока свалка, к сожалению, остается лишь предметом пристального внимания специалистов...

Горбатюк О. В., Минько О. И., Лифшиц А. Б., Елютина Н. Ю. ФЕРМЕНТЕРЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МАСШТАБА

В последнее время с разных сторон раздаются обвинения в адрес Академии наук. Ее называют чуть ли не главным тормозом научно-технического прогресса в стране. Насколько обоснованы все эти нападки?

Таусон Л. В. СЛОВО В ЗАЩИТУ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ НАУКИ

ПРИРОДА 9⁸⁹



Процессы образования структур в геофизических системах можно изучать, рассматривая их с точки зрения синергетики — науки об общих закономерностях самоорганизации.

Сендов Д. Г. СИНЕРГЕТИКА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ

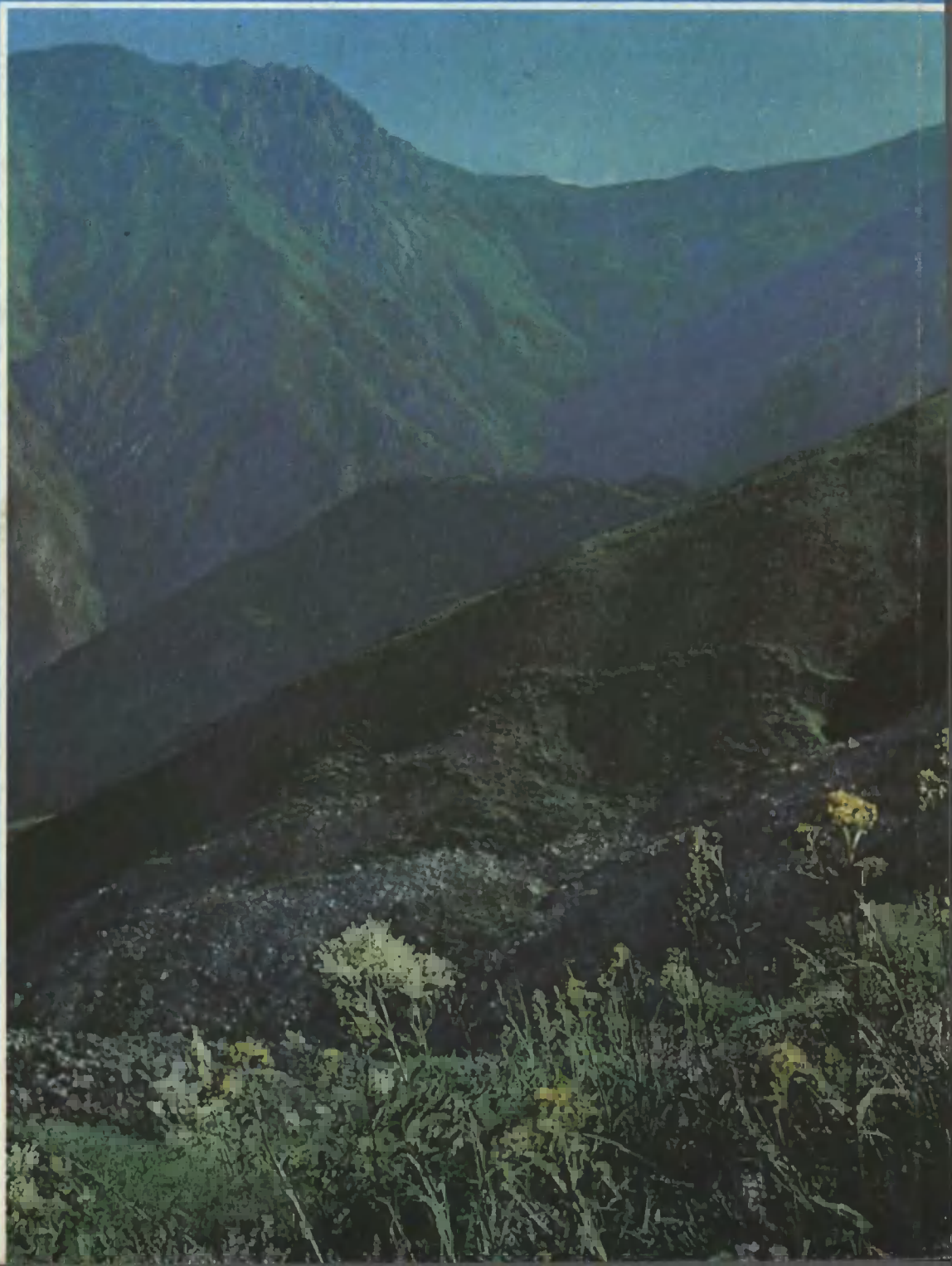


Имя Георгия Антоновича Гамова, одного из крупнейших физиков XX в., на счету которого несколько работ «нобелевского» ранга, до недавних пор не упоминалось в нашей печати. Пришла пора рассказать о нем.

Френкель В. Я., Чернин А. Д. ВОЗВРАЩАЕТСЯ Г. А. ГАМОВ

ПРИРОДА

80 к.
Индекс 70707



ISSN 0032-874X. Природа. 1989. № 8. 1—128.