

ISSN 0032-874X

2 1986

ПРИРОДА



Ежемесячный
популярный
естественнонаучный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1912 году



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
академик
Н. Г. БАСОВ

Заместитель главного редактора
кандидат физико-математических наук
А. И. АНТИПОВ

Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТЮШКОВ

Член-корреспондент АН СССР
Р. Г. БУТЕНКО

Доктор географических наук
А. А. ВЕЛИЧКО

Академик
В. А. ГОВЫРИН

Член-корреспондент АН СССР
И. Р. ГРИГУЛЕВИЧ

Член-корреспондент АН СССР
Г. А. ЗАВАРЗИН

Член-корреспондент АН СССР
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

Член-корреспондент АН СССР
В. Е. ХАИН

Доктор физико-математических наук
А. М. ЧЕРЕПАЩУК

Доктор физико-математических наук
В. А. ЧУЯНОВ

На первой странице обложки. Участок строительства Байкало-Амурской магистрали в верхнем течении р. Витим. Здесь магистраль проходит через зону вечной мерзлоты. См. в номере: Швецов П. И., Втюрин Б. И. Подземные льды.

Фото В. И. Вейсмана.

На четвертой странице обложки. Поселок Ничка — оазис на берегу Каракумского канала. См. в номере: Харин Н. Г., Бабаева Т. А. Остановить продвижение пустынь.

Фото Д. Д. Ухтомского.

В НОМЕРЕ

- Важная миссия науки** 3
- Раушенбах Б. В.** Проблема милитаризации космического пространства: технические предпосылки и последствия 8
- Можно ли создать космическое оружие? К чему приведет его размещение в околоземном пространстве? Упрочится ли в итоге мир, как уверяют приверженцы этой безумной идеи, или многократно усилится угроза термоядерной войны?
- Лазуркин Ю. С.** Неканонические структуры в сверхспиральной ДНК 16
- Биологическая роль сверхспирализации молекул ДНК сейчас твердо установлена, а об участии неканонических структур в регуляции важнейших генетических процессов пока высказываются гипотезы.
- Бромлей Ю. В., Пучков П. И.** Процессы этнического развития и этническое прогнозирование 28
- Структура населения современного мира чрезвычайно сложна и динамична. Одни этносы сливаются, другие, напротив, распадаются. Учет этих и других процессов помогает наметить перспективы этнического развития.
- Швецов П. Ф., Втюрин Б. И.** Подземные льды 36
- Вопрос о свойствах, которые приобретают горные породы в условиях вечной мерзлоты, стал особенно важным в наши дни, при интенсивном хозяйственном освоении северных и восточных районов страны.
- КРАСНАЯ КНИГА**
- Божанский А. Т., Кудрявцев С. В.** Носатая гадюка 46
- Разведение в неволе может через некоторое время оказаться единственной возможностью сохранить редчайший закавказский подвид этой гадюки.
- Харин Н. Г., Бабаева Т. А.** Остановить продвижение пустынь! 48
- Более 600 млн человек живут на засушливых территориях нашей планеты, и борьба с наступлением пустынь — одна из актуальных задач нашего времени.
- Зинченко В. П.** Искусственный интеллект и парадоксы психологии 58
- Приведет ли бурное развитие вычислительной техники к созданию искусственного разума, аналогичного разуму человека? Современная психология критически относится к этому вопросу. Несмотря на огромные вычислительные возможности, компьютеру не доступны многие человеческие представления. Но самое главное — лишь человеческому мышлению присущ творческий характер.
- Заварзин Г. А.** Сергей Николаевич Виноградский. К 100-летию открытия хемосинтеза 71
- Жизнь С. Н. Виноградского — удивительный пример того, как много может дать исследователь-одиночка. Чтобы создать научное направление, не обязательно быть преподавателем, пропагандистом своих идей, но необходимо уметь мыслить принципиальными категориями, «разрабатывать проблему *au fond*» (С. Н. Виноградский), быть настоящим Ученым.
- Пригожин И., Стенгерс И.** Возвращенное очарование мира 86
- Ученые поняли, что «точные науки» вновь должны стать «естествознанием». Отныне перед ними стоит проблема диалога со всем предшествующим знанием по каждому вопросу и предмету. Любая наука становится ныне гуманитарной, наукой, созданной людьми и для людей.

НОВОСТИ НАУКИ

Запуски космических аппаратов в СССР (сентябрь — октябрь 1985 г.) [98] • Экспедиция на «Салюте-7» (сентябрь — октябрь 1985 г.) [98] • «Планета А» [99] • Пятый пульсар в составе двойной системы [100] • Гигантские молекулярные облака в Галактике [100] • Активные галактики — объекты ИРАС [101] • Радиоастрономия — наукам о Земле [101] • Сверхпроводимость, индуцированная магнитным полем [102] • Оптический метод определения возраста осадочных пород [103] • Спиновое стекло как модель мозга [103] • Часы для спутниковой навигации [104] • Локализация антигенных детерминант [104] • Гетерозиготность и партеногенез [105] • Дрожжи используются в изучении рака [105] • Гибридомы «кролик — мышь» [106] • Как установить специфичность моноклональных антител [106] • Активация Т-лимфоцитов [106] • Молекулярный механизм действия пчелиного яда [107] • Синтез фактора свертываемости с помощью рекомбинантной ДНК [107] • Структура самых сладких веществ [107] • «Веселящий газ» влияет на опиоидные пептиды мозга [108] • Изучение механизма метастазирования [108] • Новый индуктор интерферона [108] • Изучение возбудителя проказы [109] • Тяжелые металлы в грудном молоке [109] • Спротивляемость вредителей возрастает [110] • Акселерация у птиц [110] • Родина врановых — Австралия [111] • Осьминоги способны размножаться неоднократно [111] • Как охлаждаются пчелы [112] • Фотосинтез при очень малой освещенности [113] • Скорость эволюции растений [113] • «Эффект Батурина» в морской геологии [113] • Полиметаллические руды в Тихом океане [114] • Земная кора Северного моря [114] • Летучие органические соединения в вулканических выбросах [115] • Древнейшая бабочка [115]

РЕЦЕНЗИИ

Кобзарев И. Ю. Физика и философия (на кн.: Теория познания и современная физика)

116

Ясаманов Н. А. Лик Земли в позднем докембрии и полеозое (на кн.: А. Б. Ронов, В. Е. Хаин, К. Б. Сеславинский. Атлас литолого-палеогеографических карт мира. Поздний докембрий и палеозой континентов)

120

НОВЫЕ КНИГИ

122

Фритш Г. Основа нашего мира [122] • **Опаловский А. А.** На краю периодической системы [122] • **Шевелев А.** Память о будущем. Этюды об иммунитете [123] • **Лосев К. С.** Климат: вчера, сегодня... и завтра? [123] • **Горохов В. А., Луниц Л. Б.** Парки мира [123] • Древние культуры Китая. Палеолит, неолит и эпоха металла [124] • **Идлис Г. М.** Революция в астрономии, физике и космологии [124]

В КОНЦЕ НОМЕРА

Кайдаш С. Н. Гуси-лебеди в «Слове о полку Игореве»

125

Важная миссия науки

Страна встречает XXVII съезд Коммунистической партии. Ему суждено стать важнейшей вехой на пути нашего общества к коммунизму: съезд примет новую редакцию Программы КПСС, внесет изменения в Устав партии, обсудит и утвердит Основные направления экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года.

Четыре месяца в партийных организациях, в трудовых коллективах, учебных заведениях, воинских частях и общественных организациях активно обсуждались проекты этих документов. Обсуждение было отмечено огромным трудовым и политическим подъемом: осмысливая цели и задачи партии, нашу внутреннюю и внешнюю политику, советские люди связывают укрепление могущества Родины, наши успехи в борьбе за мир и безопасность народов, повышение своего благосостояния с необходимостью существенного ускорения социально-экономического развития общества. В каждом коллективе, в каждой организации шел деловой, заинтересованный разговор о собственном вкладе в это ускорение, о поиске новых возможностей интенсификации производства, усиления режима экономии, повышения организованности и дисциплины, совершенствования стиля работы.

Концепция ускорения, с которой коммунисты идут к XXVII съезду, — стержень новой редакции Программы, других предсъездовских документов. Она подразумевает коренное обновление материально-технической базы на основе новейших достижений научно-технической революции; совершенствование общественных отношений, в первую очередь экономических; глубокие перемены в содержании и характере труда, материальных и духовных условиях жизни людей; активизацию всей системы политических, общественных и идеологических институтов.

Третья Программа КПСС в ее нынешней редакции — это программа планомерного и всестороннего совершенствования социализма, дальнейшего продвижения советского общества к коммунизму на основе ускорения социально-экономического развития страны. Это программа борьбы за мир и социальный прогресс.

Успехи нашего народа поистине огромны. Более чем в 16 раз по сравнению с предвоенным уровнем возрос национальный доход, в 24 раза увеличился выпуск промышленной продукции. Темпы роста советской индустрии в послевоенные годы были вдвое выше, чем в развитых капиталистических государствах. Подъем экономики позволил все полнее удовлетворять потребности трудящихся: реальные доходы на душу населения превысили довоенный уровень в 6 раз.

Росту нашей экономики неизменно сопутствовал научно-технический прогресс. Выдающиеся достижения Советского Союза в мирном освоении космоса, в развитии энергетики, в изучении земных недр — это убедительные примеры огромных научно-технических возможностей советского общества. К числу этих примеров следует отнести и усиление нашей оборонной мощи. Не секрет, что военная техника вбирает в себя новейшие достижения научной мысли, самые совершенные инженерные решения. СССР располагал и располагает надежными средствами защиты мирного труда советского народа, его друзей и союзников. Любые попытки империализма обеспечить себе военное превосходство оказывались несостоятельными.

М. С. Горбачев отметил на совещании в ЦК КПСС по вопросам ускорения научно-технического прогресса 11 июня 1985 г.: «Успехи советских ученых в различных сферах знаний и технического прогресса общепризнанны. Можно гордиться фундаментальными достижениями

в исследовании космоса, в математике, механике, термоядерном синтезе, квантовой электронике. Хорошие результаты достигнуты в таких областях, как ядерная энергетика, исследование строения земной коры, в том числе с помощью самой глубокой в мире скважины, изучение Мирового океана, синтез органических соединений, создание прогрессивных материалов и технологических процессов. Определенные достижения есть в генетической и клеточной инженерии, способной революционизировать процессы создания новых высокопродуктивных сортов растений и пород животных, устойчивых к заболеваниям и неблагоприятным климатическим условиям, да и помочь здравоохранению».

Но достигнутые успехи отнюдь не означают, что партия полностью удовлетворена состоянием дел. Само развитие производительных сил, объективный рост потребности трудящихся выдвинули новые требования к эффективности и качеству труда, организации производства, ко всему хозяйственному механизму. «Упорный труд советского народа, крупные успехи в экономической, социальной и политической сферах, науке и культуре вывели нашу страну на новые исторические рубежи, открывшие этап развитого социализма. В порядок дня встала задача всемерного и всестороннего совершенствования социалистического общества, более полного и эффективного использования его возможностей и преимуществ», — так говорит об этом проект Программы КПСС в новой редакции.

Предстоит большая и напряженная работа. Проект Основных направлений переводит на язык конкретных плановых заданий положения Программы партии применительно к такому ответственному этапу ее реализации, каким является двенадцатая пятилетка и период до 2000 г. В народном хозяйстве за предстоящие 15 лет намечается создать экономический потенциал, примерно равный накопленному за все предшествующие годы Советской власти. Почти в 2 раза увеличится национальный доход и объем промышленного производства. В 2,3—2,5 раза должна повыситься производительность труда. Это даст возможность удвоить объем ресурсов, направляемых на удовлетворение потребностей людей.

Характерно, что впервые в истории нашей страны план на новую пятилетку предусматривает прирост национального дохода и продукции всех отраслей материального производства пол-

ностью за счет повышения производительности труда.

Главная задача двенадцатой пятилетки состоит в повышении темпов и эффективности развития экономики на базе ускорения научно-технического прогресса, технического перевооружения и реконструкции производства, интенсивного использования созданного производственного потенциала, совершенствования системы управления, хозяйственного механизма и в достижении на этой основе дальнейшего подъема благосостояния советского народа.

Один из мощных рычагов, с помощью которого общество будет поднимать экономику до намеченных рубежей, — это наука. «На задачи науки необходимо взглянуть по-новому, сквозь призму требований времени — требований решительного поворота ее к нуждам общественного производства, а производства — к науке. С этих позиций должны быть проанализированы и укреплены все звенья, соединяющие науку, технику и производство», — подчеркнул М. С. Горбачев на июньском (1985 г.) совещании в ЦК КПСС.

Политика партии в области науки нацелена на создание благоприятных условий для динамичного прогресса всех отраслей знания, на концентрацию кадров, материальных и финансовых ресурсов на наиболее перспективных направлениях, призванных ускорять достижение намечаемых экономических и социальных целей, духовное развитие общества, обеспечивать надежную обороноспособность страны.

Принципиальной, выверенной основой естественнонаучного и социального познания была и остается диалектико-материалистическая методология. Ее нужно и дальше творчески развивать, умело применять в исследовательской работе.

КПСС заявляет в своей Программе, что советская наука призвана занимать ведущие позиции по основным направлениям научно-технического прогресса, находить эффективные и своевременные решения перспективных и текущих производственных и социально-экономических проблем. Важно обеспечивать опережающее развитие поисковых, фундаментальных исследований, добиваться быстрой материализации научных идей в народном хозяйстве и других областях человеческой деятельности. Должны постоянно совершенствоваться организационно-хозяйственные формы интеграции науки и производства, управления научно-техническим прогрессом, расширяться актуальные прикладные иссле-

дования и опытно-конструкторские разработки, повышаться их эффективность. Необходимо последовательно укреплять взаимодействие академической, вузовской и отраслевой науки.

Партия поддерживает смелый поиск, соревнование идей и направлений в науке, плодотворные дискуссии и обсуждения. Науке противопоставлены как схоластические рассуждения, так и пассивная регистрация фактов, чужающаяся смелых теоретических обобщений, конъюнктура, отрыв от реальности. Сложный, комплексный характер современных проблем требует углубления интеграции общественных, естественных и технических наук. Должны получить более широкое развитие такие формы организации науки, которые обеспечивают междисциплинарное исследование актуальных проблем, необходимую мобильность научных кадров, гибкость структуры научных учреждений, исследований и разработок. Нужно повышать их роль в формировании и реализации планов экономического и социального развития. Непременное условие прогресса науки — постоянный приток свежих сил, в том числе из сферы производства, умелое использование творческих возможностей ученых, стимулирование их труда в зависимости от реального вклада в разработку теоретических и прикладных проблем.

На июньском (1985 г.) совещании в ЦК КПСС по вопросам ускорения научно-технического прогресса отмечалось, что ядром отечественного научного потенциала является Академия наук СССР, где сосредоточены наиболее квалифицированные кадры ученых. Многие институты академии — это исследовательские центры мирового класса. Однако предстоит еще немало сделать, чтобы деятельность всех институтов была на уровне, достойном академии, пополняла сокровищницу знаний новыми открытиями.

24—25 декабря 1985 г. состоялась сессия Общего собрания Академии наук СССР, на которой обсуждалась роль академии в решении задач, поставленных на октябрьском (1985 г.) Пленуме ЦК КПСС. На этом заседании президент АН СССР академик А. П. Александров сказал, что в предстоящем пятилетии планируется резко повысить роль Академии наук как координатора всех научно-исследовательских работ в стране, усилить ее ответственность за создание теоретических основ для принципиально новых видов техники и технологии. Приоритетное значение придается фундаментальной науке, с развитием кото-

рой связаны появление прогрессивных идей, выход общественного производства на новый уровень эффективности. Академия не должна допускать медлительности и нерасторопности в развертывании фундаментальных исследований. В новой пятилетке планируется усилить техническую направленность в работе академических институтов. Важная задача — повысить роль отраслевых и республиканских академий в решении общегосударственных и региональных программ.

Во многих выступлениях подчеркивалась необходимость создания таких форм интеграции науки, техники и производства, которые позволили бы обеспечить четкое прохождение научных идей от их зарождения до широкого применения на практике. Для этого планируется расширить сеть научно-производственных объединений, создать межотраслевые научно-технические комплексы и центры, в которых будут разрабатываться и внедряться принципиально новые виды техники и технологии.

Основные направления экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года предусматривают в области естественных и технических наук расширить исследования, результаты которых позволят обеспечить глубокие качественные изменения в производительных силах, создание принципиально новых видов продукции, техники и технологии. Предстоит активно развивать теоретическую и прикладную математику, информатику и кибернетику, физику элементарных частиц, атомного ядра и твердого тела, микро- и квантовую электронику и оптику, радиофизику, а также исследования в области атомной и термоядерной энергетики, преобразования и передачи электроэнергии, освоения нетрадиционных источников энергии. Планируется шире исследовать проблемы механики, вопросы теории автоматизации производства. Основные направления нацеливают на разработку научных основ катализа, химической технологии, биотехнологии, а также создание новых конструкционных материалов. Предстоит развивать физико-химическую биологию, научные основы получения физиологически активных веществ для медицины и сельскохозяйственного производства; разрабатывать проблемы иммунологии и вирусологии, генетики и селекции, методы и средства профилактики, диагностики и лечения наиболее распространенных заболеваний. Остается важной задача комплексного ис-

следования строения и эволюции земной коры, биосферы, Мирового океана и атмосферы, а также космического пространства.

В двенадцатой пятилетке планируется осуществить меры по улучшению материально-технического обеспечения науки. Будет укреплен опытно-экспериментальная база: на ее развитие предусматривается направить не менее половины капитальных вложений, выделяемых на строительство научных объектов. Научные организации будут существенно лучше оснащаться современными приборами, оборудованием, средствами автоматизации, материалами и препаратами для проведения исследований.

В предстоящий период планируется повысить эффективность мер по охране природы. Будут развиваться комбинированные производства, обеспечивающие полное и комплексное использование природных ресурсов, сырья и материалов, что позволит исключить или существенно снизить вредное воздействие на окружающую среду.

Предусматривается завершение основных мероприятий по охране бассейнов Балтийского, Каспийского, Черного и Азовского морей. Будет продолжено осуществление комплекса мер по охране водоемов Арктического бассейна, Средней Азии и Казахстана, а также по улучшению состояния малых рек и водохранилищ.

Планируется усилить охрану атмосферного воздуха. Особое внимание будет уделено рациональному использованию земель, защите их от ветровой и водной эрозии, селей, оползней, подтопления, заболачивания, иссушения и загрязнения. В двенадцатой пятилетке предусматривается рекультивировать около 660 тыс. гектаров земель. Постоянно будет расширяться применение безопасных для человека методов защиты сельскохозяйственных культур и леса от вредителей и болезней.

Улучшение охраны недр и комплексное использование минеральных ресурсов обеспечит сохранность природной экономической зоны СССР и континентального шельфа страны. Продолжится работа по расширению сети заповедников, национальных парков, заказников и других охраняемых природных территорий. Важной задачей остается охрана, воспроизводство и рациональное использование растительного и животного мира.

О том, что советской науке по плечу эти масштабные задачи, свидетельствуют

работы, удостоенные в 1985 г. Государственных премий СССР в области науки и техники. Председатель Комиссии по Ленинским и Государственным премиям СССР в области науки и техники при Совете Министров СССР академик А. П. Александров отмечает, что присуждение премий 1985 г. ярко отражает быстрый рост научно-технического потенциала нашей Родины. С каждым годом поднимается уровень работ, удостоенных этой награды. Они служат хорошим примером для научных и производственных коллективов в деятельности по выполнению выдвинутой партией программы ускорения научно-технического прогресса и социально-экономического развития страны.

Со многими из этих работ читатели «Природы» знакомы по нашим публикациям. Ученые, ставшие в прошлом году лауреатами Государственной премии СССР, рассказывали на страницах журнала об исследованиях атмосферы и ионосферы Венеры с помощью космических аппаратов «Венера-8», -9, -10, -11, -12, -13, -14», о физических основах нелинейной акустики, об изучении фоторефрактивных и жидких кристаллов для оптических систем обработки информации, о работах по металлогении Казахстана, об исследовании нейротоксинов, некоторых других работах.

Примечательно, что среди лауреатов Государственной премии СССР в области науки и техники за 1985 г. есть ученые и специалисты Польши и Чехословакии. Это — одно из свидетельств развития международного научно-технического сотрудничества.

Советский Союз готов развивать научно-технические, торгово-экономические связи со всеми государствами мира, если они будут строиться на основе взаимной выгоды, взаимного уважения суверенитета сотрудничающих стран. Но отсутствие таких связей не может принципиально повлиять на развитие нашей социально-экономической системы. Экономический и научно-технический потенциал СССР таков, что эти связи не могут быть решающим фактором. Однако наука интернациональна, и каждая страна, независимо от своих масштабов, заинтересована в обмене опытом и достижениями в области науки и техники. К тому же решение глобальных проблем современности требует объединения усилий всех народов Земли.

Об этом в полный голос заявили в октябре 1985 г. государства — участники Варшавского Договора. В принятом на

совещании Политического консультативного комитета документе «За устранение ядерной угрозы и поворот к лучшему в европейских и мировых делах» подчеркнуто, что государства — участники Варшавского Договора рассматривают вопросы обеспечения мира и международной безопасности, прекращения гонки вооружения и перехода к разоружению в тесной связи с решением других глобальных проблем, с которыми сталкивается человечество: преодолением экономической отсталости, ликвидацией обширных зон голода, нищеты, эпидемических болезней, неграмотности; обеспечением растущих потребностей человечества в энергетических, сырьевых и продовольственных ресурсах, защитой природной среды; мирным освоением Мирового океана и космоса.

В настоящее время, — сказано в Заявлении, — благодаря достижениям научно-технической революции и развитию процесса интернационализации хозяйственной жизни человечества стало возможным осуществление международных программ научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, создание техники и технологии, способных многократно увеличить производительность общественного труда. Важно, однако, на что будут нацелены такие программы.

Участники совещания выразили убеждение, что в современных условиях необходимо подчинить международное научно-техническое сотрудничество исключительно мирным целям и придать ему глобальный характер. Это будет самой надежной гарантией того, что новые достижения человеческого гения не станут причиной раздора между нациями, а будут коллективно использованы ими во всеобщих интересах. Единую глобальную программу в этой области можно было бы подчинить таким целям, как использование электроники, робототехники, биотехнологии, ядерной физики и других ключевых направлений современной науки и техники для решения общечеловеческих задач. Государства — участники совещания заявили, что они готовы внести весомый вклад в разработку и осуществление такой программы.

Богатый и поучительный опыт научно-технического сотрудничества накоплен странами социалистического содружества. Страны — члены Совета Экономической Взаимопомощи постоянно совершенствуют формы и методы развития социалистической специализации и кооперации, вырабатывают согласованную, а в некоторых

областях и единую научно-техническую политику. В декабре 1985 г. состоялось 41-е (внеочередное) заседание сессии СЭВ на уровне глав правительств. Сессия утвердила Комплексную программу научно-технического прогресса стран — членов СЭВ до 2000 г. Эта программа предусматривает концентрацию совместных усилий на пяти приоритетных направлениях: электрификации народного хозяйства; комплексной автоматизации; атомной энергетике; новых материалах и технологии их производства и обработки; биотехнологии. Комплексная программа будет уточняться и обновляться каждые пять лет с учетом достигнутых результатов, а также новых тенденций в мировой науке, технике и производстве.

*

Встречая XXVII съезд Коммунистической партии, советские ученые, как и весь наш народ, горячо одобряют внутреннюю и внешнюю политику КПСС и Советского государства. Ученые, инженерно-технические работники, преподаватели и студенты, вся советская интеллигенция глубоко сознают важную миссию науки на современном этапе нашего развития, они всем сердцем принимают выдвинутую партией конкретную программу действий, сформулированную в новой редакции Программы КПСС, в Основных направлениях экономического и социального развития СССР. Это директива партии по укреплению экономической мощи страны, решению назревших крупных научно-технических и хозяйственных задач в интересах дальнейшего подъема народного благосостояния и всестороннего развития нашего общества.

Реализация намеченных задач будет иметь не только внутреннее, но и большое международное значение, послужит углублению социалистической экономической интеграции, дальнейшему утверждению принципа мирного сосуществования государств с различным общественным строем, еще более увеличит притягательную силу идей социализма, явится весомым вкладом в утверждение дела мира на земле.

Проблема милитаризации космического пространства: технические предпосылки и последствия

Б. В. Раушенбах



Борис Викторович Раушенбах, академик, заведующий кафедрой Московского физико-технического института. Специалист в области механики и процессов управления. Автор книг: Вибрационное горение. М., 1961; Управление ориентацией космических аппаратов (в соавторстве с Е. Н. Токарем). М., 1974; Пространственные построения в живописи. М., 1980 и др. Действительный член Международной академии астронавтики. Член Комитета советских ученых в защиту мира, против ядерной угрозы. Лауреат Ленинской премии.

Речь идет об одной из актуальнейших проблем современности. Обсуждая возможное использование космоса для размещения в нем оружия, сторонники и противники этой идеи высказывают самые разные соображения. Неспециалисту бывает трудно оценить выдвигаемые аргументы, тем более что нередко наряду с научно обоснованными мотивировками распространяются и совершенно несостоятельные, рассчитанные на прямой обман малокомпетентных людей. Вот почему необходимо строго рассмотреть ситуацию и ответить на следующие вопросы: каковы технические возможности создания такого оружия? какова его ожидаемая эффективность? к чему приведет размещение оружия в космосе? И как итог — ответ на главный вопрос: будет ли это шагом к миру?¹

Необходимость аргументированного ответа на такие вопросы сейчас, сегодня вызвана тем, что в США не только появились опасные концепции, направленные на то, чтобы убедить общественность, будто милитаризация космоса будет чуть ли не благом для человечества, но и предпринимаются конкретные шаги по созданию «материальной базы» этих концепций, развертыванию целой гаммы систем «космического» оружия. Выступая против таких планов, мы считаем, что недопущение милитаризации космоса предполагает полное запрещение подобного оружия, предназначенного для применения против объектов в космосе и на Земле, на суше, на море и в атмосфере.

В марте 1983 г. президент Р. Рейган объявил о новой «стратегической оборонной инициативе», задача которой — создать «космический щит», делающий США неуязвимыми и обеспечивающий, следовательно, мир. Многие подобная «миролюбивая» риторика ввела в заблуждение.

Между тем проблема эта сложнее, чем кажется на первый взгляд. Рассмотрим ее, начав с вопроса о технической возможности создать такой спасательный щит.

* Настоящая публикация представляет собой журнальный вариант статьи, которая готовится к выходу в свет в 19-м выпуске ежегодника «Будущее науки» (издательство «Знание»).

¹ Близкие вопросы рассмотрены в статье Х. Бете, Р. Гарвина и др. «Противоракетная оборона с элементами космического базирования» (В мире науки, 1985, № 7, с. 64). В предлагаемой статье используются другие численные примеры, тем не менее окончательные выводы во многом совпадают. См. также: Стратегические и международно-политические последствия создания космиче-

ской противоракетной обороны с использованием оружия направленной энергии. Доклад Комитета советских ученых в защиту мира, против ядерной угрозы. М., 1984.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ

Многочисленные проекты, которые предполагается реализовать в рамках предложенных Р. Рейганом планов милитаризации космоса, выглядят осуществимыми, поскольку они не противоречат современной науке. Однако это обманчивое представление.

Основным элементом «милитаризованного космоса» должны, по замыслам его сторонников, стать технические устройства, позволяющие поражать удаленные на большие расстояния цели при помощи тех или иных видов оружия «направленной энергии». Сегодня такое оружие представляется в виде мощных лазеров, работающих в диапазоне длин волн от инфракрасного до ультрафиолетового, и рентгеновских лазеров с накачкой излучением ядерного взрыва. В качестве возможных кандидатов рассматриваются ускорители частиц высоких энергий и некоторые другие системы.

Однако среди всех вариантов наиболее реальными считаются сегодня химический лазер, использующий водород и фтор, и рентгеновский лазер. Обратимся к ним как к типичному примеру оружия направленной энергии.

Боевая станция, использующая химический лазер, должна содержать сам генератор излучения, соответствующие запасы водорода и фтора, систему охлаждения, большое зеркало (диаметром не менее 4 м) для направления луча, несущего разрушительную энергию на цель, и сложную систему управления. Чтобы полностью «перекрыть» все возможные цели, по данным Станфордского университета, необходимо одновременно иметь над Землей 320 станций². Чтобы поднять их в космос, понадобится несколько сот полетов транспортных кораблей «Шаттл». При запланированной сегодня интенсивности полетов (10 запусков в год) одно только выведение станций на орбиту затянется на многие десятилетия.

Однако трудности здесь не сводятся только к транспортной проблеме. Сам лазер, большое зеркало и другие элементы боевой станции представляют собой сложные и дорогие устройства. Особенно много трудных проблем возникнет при реше-

нии задачи управления станциями. Чтобы выяснить, в чем тут дело, обратимся к описанию боевого применения такой станции.

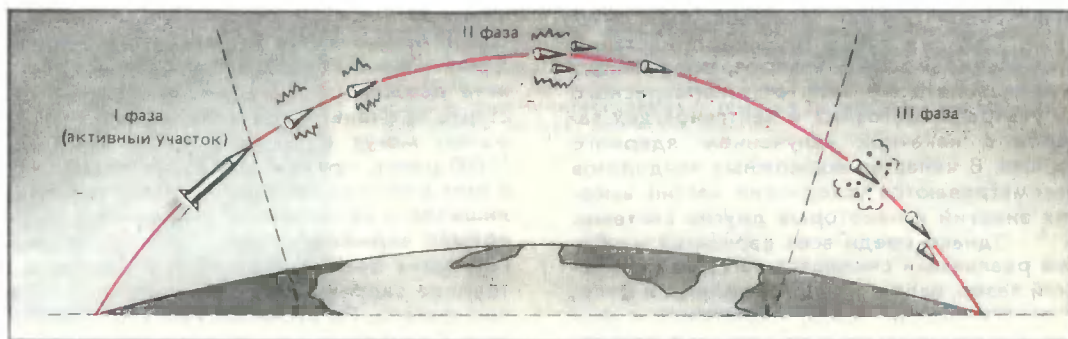
Разрушительная энергия, переносимая лучом лазера, не настолько велика, чтобы уничтожить баллистическую ракету, но она достаточна для того, чтобы повредить ее и не дать ей выполнить свою задачу. Баллистическая ракета особенно уязвима на активном участке полета, когда работают ее двигатели, т. е. в первые минуты после старта. Лазерный луч способен как бы «прожечь» стенки ракеты, что приведет к нарушению работы двигателя или к потере топлива. Активный участок полета сравнительно кратковременен — порядка 3 мин. Таким образом, баллистическая ракета должна быть поражена сразу после старта за очень короткое время. Одновременно могут стартовать много (порядка 1000) ракет, причем они будут находиться в зоне действия небольшой части станций — лишь тех, у которых в данный момент будет прямая видимость стартов. На долю действующих боевых станций выпадает очень трудная задача — поразить все стартовавшие ракеты. По расчетам уже упоминавшегося Станфордского университета, каждая действующая станция будет иметь всего две секунды для того, чтобы выполнить целую серию сложнейших операций: обнаружить и опознать неожиданно стартовавшую ракету, определить ее траекторию, произвести нацеливание, осуществление облучения, оценить степень поражения ракеты, повторить, если необходимо, атаку, перенести оптическую ось своего оружия на новую цель, стабилизироваться в новом положении и затем повторить весь цикл. За 3 мин боевая станция должна поразить 90 баллистических ракет, 90 раз проделав весь цикл операций. Сегодня это выглядит практически неосуществимым.

Реализовать подобную схему чрезвычайно трудно, в частности, потому, что наведение поражающего луча с астрономической точностью должно происходить не со спокойного основания, как это всегда бывает у астрономических инструментов, а со станции, внутри которой идет реакция горения водорода во фторе, сопровождающаяся выбросом продуктов сгорания в окружающее пространство. Процесс горения приведет к вибрациям основания, на котором расположены тончайшие оптические системы, вибрациям, сильно затрудняющим наведение луча на цель. Не менее сложно осуществлять быстрое перенацеливание: найти цель, безошибочно опознать ее, практически мгновенно определить траекторию и т. п.

² Dreil S., Farley Ph., Holloway D. The Reagan Strategic Defense Initiative: A Technical, Political, and Arms Control Assessment. A Special Report of the Center for International Security and Arms Control. Stanford University, 1984.

Таким же непростым выглядит и применение станции, поражающее действие которой основано на использовании рентгеновского лазера. Получить рентгеновский луч нужных свойств позволяет в принципе ядерный взрыв. Боевая станция представляется в виде корпуса, внутри которого помещается сравнительно небольшая атомная бомба (порядка тех, что были сброшены при бомбардировке Хиросимы и Нагасаки). Если такую бомбу взорвать, то образующееся мощное излучение можно использовать

жуток времени возникшее излучение успеет покинуть станцию и поразить цель. Поскольку станция разрушается при первом же включении, то последовательное поражение одной цели за другой, возможное в случае химических лазеров, исключено. Чтобы компенсировать данный недостаток, предлагается снабдить станцию большим числом направляющих энергию стержней, что позволит одновременно поразить многие цели. При таком варианте резко усложняется система прицеливания, так как необходимо од-



Три фазы полета межконтинентальной баллистической ракеты (МБР). В первой фазе (на активном участке полета), которая длится 3—5 мин и заканчивается на высоте 300—400 км, работают двигатели первой ступени ракеты-носителя. По их факелу наиболее просто «засечь» и поразить ракету. В средней фазе (наиболее длительной) происходит разделение боеголовок индивидуального наведения, которыми оснащены современные МРБ. Движение боеголовок продолжается в автономном режиме по слегка различающимся траекториям. На этом же этапе могут быть выпущены и ложные боеголовки, а также другие маскировочные средства, призванные «запутать» систему ПРО. В результате обнаружить настоящую тяжелую боеголовку в средней фазе полета крайне сложно — нужно пытаться уничтожить все «облако». В третьей фазе полета, когда тяжелые боеголовки в окружении маскировочных средств входят в атмосферу, их движение начинает различаться — из-за сопротивления воздуха легкие маскирующие средства будут отставать от истинных боеголовок. Полная продолжительность полета современных МБР 25—30 мин. Максимальная высота порядка 1000 км.

для накачки лазера. Направляется поражающая энергия на цель с помощью оптического стержня длиной около 2 м. Совершенно очевидно, что станция будет функционировать всего мгновение: от момента подрыва атомной бомбы до того момента, когда энергия взрыва достигнет стенок станции, однако за этот кратчайший проме-

новременно обнаружить и опознать старт многих баллистических ракет (если, конечно, они взлетают одновременно), определить траекторию каждой из них, индивидуально нацелить стержни и т. д. Нелишне будет подчеркнуть, что опробование такой станции (без чего нельзя гарантировать ее работоспособность) связано с нарушением Договора о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, в космическом пространстве и под водой, который соблюдается сейчас как СССР, так и США.

Конечно, описанные схемы боевых космических станций — не единственные. Что касается других вариантов, то они, как правило, еще сложнее. Для следующего важно только то, что все мыслимые варианты выведения в космос оружия для реализации так называемой «стратегической оборонной инициативы» президента Р. Рейгана отличаются крайней сложностью. Это настолько очевидно, что даже ее сторонники говорят о необходимости многолетних исследований, завершить которые реально лишь в следующем столетии, причем они не берутся гарантировать 100 %-ную эффективность подобной системы. Но тогда вся затея теряет смысл, ведь даже малое число боеголовок, преодолевших воздвигнутый космический заслон, произведет ужасающие разрушения.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДЛАГАЕМОЙ СИСТЕМЫ

Проблема эффективности «космического щита» стоит острее, чем если бы речь шла об обычных вооружениях. Когда в прошлую войну удавалось отразить налет 50 % бомбардировщиков, то потери были вдвое меньше. При атаке баллистическими ракетами, несущими ядерные боеголовки, такая постановка вопроса бессмысленна. Даже малое число боеголовок, как уже говорилось, способно уничтожить промышленные центры страны или другие важные объекты. Если же использовать для атаки большое число ракет, то ничего не изменится: каждая цель будет не просто уничтожена, а уничтожена многократно. Поэтому поразить 50 % или даже 90 % баллистических ракет мало, надо отразить их все.

Но даже самые горячие сторонники «стратегической оборонной инициативы» понимают, что это невозможно. И вот в их теоретических построениях появляются дополнительные элементы. Предлагается организовать «многослойную» оборону.

От каждой ракеты, которая преодолевает барьер, созданный описанными выше боевыми станциями, отделятся боеголовки (одна или несколько), и они будут двигаться над атмосферой Земли 25 мин (для межконтинентальных ракет) или много меньше (для ракет, стартовавших с подводных лодок). На этом участке боеголовки должны быть вновь атакованы космическими станциями, оснащенными оружием направленной энергии. Однако теперь трудности поражения летящих целей возрастают неимоверно — ведь боеголовки гораздо меньше ракет, более многочисленны (одна ракета способна нести несколько боеголовок), они не демаскируются работающими ракетными двигателями, да и корпус боеголовки «прожечь» не так просто: он особо прочен, покрыт теплозащитной изоляцией, поскольку боеголовке приходится преодолевать атмосферу перед поражением наземной цели.

Наконец, предполагается организовать последний «барьер» перед приближающимися боеголовками и перехватить их в нижних слоях атмосферы, наподобие того, как это делают ракеты класса «земля — воздух», отражая налет самолетов. Но ведь так защищать можно лишь особо важные и сравнительно небольшие объекты. Спасти всю территорию страны подобным образом нельзя.

Даже и такая «многослойная» оборона, как показывают расчеты, не может

обеспечить 100 %-ной защиты. Однако на самом деле ее «проницаемость» будет весьма высокой, ведь все сказанное до сих пор молчаливо предполагало, что другая сторона никаких ответных мер не принимает. Наивность подобного предположения совершенно очевидна. Ответные действия по нейтрализации многослойной системы можно разбить на пассивные и активные. Их замечательное свойство заключается в том, что они легко осуществимы, сравнительно дешевы и весьма эффективны. Назовем лишь некоторые из них.

К пассивным средствам противодействия можно отнести, например, упрочнение корпусов и баков ракет, покрытие их специальными отражающими материалами. К ним же можно причислить и пуск ложных целей — небольших дешевых ракет, не несущих боеголовок. Если сделать эти ракеты похожими на настоящие, то боевые станции израсходуют свои запасы топлива на их поражение и старт боевых ракет пройдет затем без помех. Применение ложных целей особенно эффективно при преодолении второго слоя космической обороны. Сегодня от баллистической ракеты отделяется одна или несколько боеголовок. Не представляет никакого труда снабдить ракету рядом с боеголовками и ложными целями. Причем последних может быть огромное количество, поскольку они будут иметь очень малую массу. Например, можно сделать так, чтобы после отделения от баллистической ракеты вокруг боеголовки раздувался шар, напоминающий те, которыми играют дети, но только способный отражать радиоволны и непрозрачный. Если наряду с шарами, окружающими боеголовки, выпустить массу таких же, но «пустых» шаров (ведь они почти ничего не весят), то система обороны совершенно запутается — на участке траектории вне атмосферы шары различить нельзя и двигаться они будут одинаково; лишь при входе в атмосферу (когда второй слой обороны уже бесполезен) «пустые» шары отстанут от боеголовок.

В таких условиях второй слой обороны главным образом поразит ложные цели (поскольку их много больше), и в результате большинство боеголовок попадет в цель. Третий слой обороны, как уже говорилось, не способен защитить всю территорию страны.

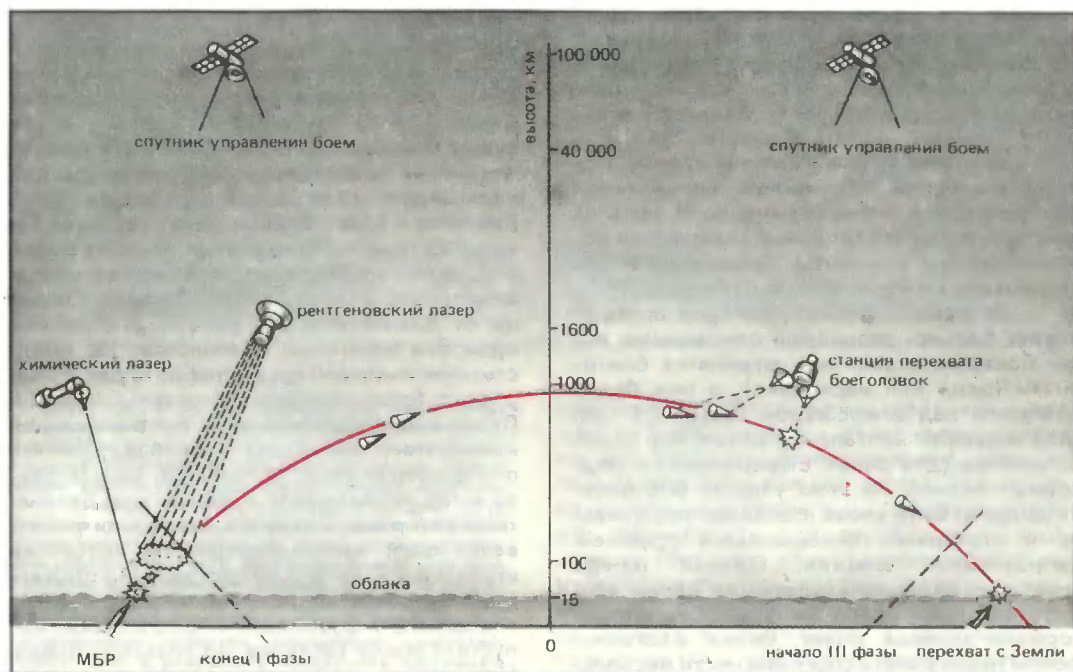
К активным средствам противодействия надо отнести все те, которые должны уничтожать боевые станции с оружием направленной энергии.

Здесь прежде всего следует назвать «космические мины» — спутники Земли,

которые выводятся на те же, что и боевые станции, орбиты, а затем, приблизившись к станциям, летают в непосредственной близости от них. Подобный «совместный» полет может продолжаться годами, но в случае необходимости по команде с Земли космические мины тем или иным способом уничтожают станции. Поскольку около каждой из них всегда находится своя мина, то вся система космической обороны может быть мгновенно разрушена. Защититься от таких мин крайне трудно — они находятся слишком близко от своих целей.

Для борьбы со станциями многослойной космической обороны пригодны также любые средства, предназначенные для уничтожения искусственных спутников Земли. Возможность создания и эффективность подобных средств ни у кого не вызывают сомнения.

Наконец, против космической обороны применимо и оружие направленной энергии, ведь сами станции гораздо более уязвимы, чем боеголовки баллистических ракет. Разрушить станции весьма просто, поскольку они всегда видны, их орбиты



Один из наиболее «простых» вариантов системы борьбы с МБР. На активном участке полета после выхода из атмосферы ракета поражается химическим или рентгеновским лазером, установленным на космической платформе (на схеме показано одновременное поражение шести стартовавших ракет рентгеновским лазером). На втором участке полета задачи ПРО сводятся к обнаружению и уничтожению отделившихся от носителя боеголовок (на схеме показана одна из станций перехвата). На завершающем этапе полета поражение боеголовок, прошедших вторую линию обороны, осуществляется ракетами, стартующими с Земли и основными чертами напоминающими обычные зенитные ракеты. Общее управление боевыми действиями осуществляется спутниками, находящимися на геостационарных орбитах или выше.

хорошо известны (по многолетним наблюдениям), к боевым действиям против них можно спокойно подготовиться и провести операцию, не испытывая того дефицита времени, с которым связано уничтожение неожиданно стартовавших баллистических ракет.

Наше краткое описание подтверждает сказанное несколько выше: средства борьбы с «многослойной» обороной неизмеримо проще, дешевле и эффективнее самой системы космической обороны. «Стратегическая оборонная инициатива» не выдерживает серьезной научной критики, она рассчитана на малокомпетентных людей. «Многослойная» космическая оборона не способна выполнить обещание президента — сделать баллистические ракеты ору-

жием устаревшим и бессильным. Ее эффективность будет явно недостаточной для этой цели.

Уничтожающая критика эффективности предлагаемого администрацией США «космического щита», которая исходила от ученых и политических деятелей многих стран (в том числе Соединенных Штатов и их союзников), привела к тому, что президент США уже не обещает больше абсолютной защиты от межконтинентальных баллистических ракет. Сегодня он говорит лишь о научных исследованиях проблемы. Однако это очень опасный путь: ведь десятки миллиардов долларов, которые планируется затратить на подобные исследования, наверняка приведут к дальнейшим ассигнованиям. Никто не захочет прерывать такие дорогостоящие опыты после того, как основные элементы систем космического оружия пройдут этап отработки на действующих макетах.

С целью увеличения числа сторонников исследований, направленных на создание космической противоракетной обороны, США предлагает своим союзникам принять в них участие. Однако в Европе относятся с большим недоверием к такой программе, тем более что фактически «космический щит» над США не в состоянии обеспечить безопасность Европы.

ПОСЛЕДСТВИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ОРУЖИЯ В КОСМОСЕ

Все сказанное делает необходимым ответ на вполне естественный вопрос о том, почему же опасен подобный, пусть даже и малосовременный, «космический щит» — ведь в конце концов речь идет, как уверяют, о чисто оборонительном оружии, которое призвано защищать людей и никому не угрожает?

Прежде всего надо осознать, что такие системы (если они будут хотя бы частично созданы) не являются оборонительными. Название «оборонная инициатива» — чисто пропагандистский трюк. Если над США был бы воздвигнут некий «космический щит», то, как легко понять, это породило бы иллюзию безнаказанности ядерного нападения на СССР и привело бы к сильнейшей дестабилизации обстановки в мире, к резкому увеличению возможности развязать войну. Дестабилизирующий фактор окажется особенно сильным в том случае, если «щит» будет не абсолютным, и прикроет, например, только стартовые позиции межконтинентальных баллистических ракет США. Хотя эту сторону «стратегической оборонной инициа-

тивы» пытаются скрыть от широкой общественности, она настолько очевидна, что администрация США не может отрицать подобной дестабилизирующей опасности.

За подтверждениями далеко ходить не надо, достаточно привести два красноречивых высказывания. Первое принадлежит президенту Р. Рейгану и относится к той мартовской речи 1983 г., в которой он объявил о своей инициативе. Вот его слова: «В сочетании с наступательными системами они (оборонительные системы. — Б. Р.) могут рассматриваться как поощряющие агрессивную политику». Еще более четко эту мысль выразил министр обороны США К. Уайнбергер: «Я не могу себе представить более дестабилизирующего фактора для Земли, чем если бы Советы овладели совершенной и надежной обороной против этих (баллистических. — Б. Р.) ракет до нас». В свете подобных высказываний остается абсолютно непонятно, почему Советский Союз должен с умилением наблюдать, как в США разворачиваются работы, предусмотренные «стратегической оборонной инициативой». Ведь нет ни малейшего сомнения в том, что главная ее цель — увеличить наступательную мощь американских ракет стратегического назначения, и слова ответственных представителей администрации США определенно свидетельствуют об этом. О том же говорит и продолжавшееся форсированное развитие стратегических наступательных вооружений США.

Совершенно ясно, что агрессивный компонент «инициативы», о котором так хорошо сказал сам президент, вызовет немедленные ответные меры другой стороны. Сейчас трудно, конечно, предвидеть, какими они будут. Важно другое. Как только начнется осуществление контрмер, США, в свою очередь, ответят и на них. Например, рядом с «космическими минами» появятся «космические контрмины», своего рода боевое охранение боевых станций «оборонительного слоя», что тоже не останется без ответа. И начнется гонка космических вооружений, которая пойдет по своим внутренним законам, и не исключено, что повод, приведший к ней, — «стратегическую оборонную инициативу» — просто вскоре забудут. После того как джина «звездных войн» выпустят из бутылки, он будет делать свое дело, и загнать его обратно в бутылку будет очень трудно. Лучше просто не открывать бутылку.

Возможно кому-либо «звездные войны» представляются меньшим злом, чем традиционные войны. Однако только очень наивный человек может предположить,

что «звездная война» не спустится на Землю. Приведем простейший пример. Оружие, выведенное в космос, будет, в конечном итоге, управляться с Земли, и ядерный удар по наземным центрам управления и связи — более чем естественный эпизод в такой войне — эпизод, открывающий дорогу ядерному конфликту на Земле, а не в космосе.

Разработка космического вооружения таит в себе и другие опасности. Как сейчас очевидно, создание таких систем — дело далекого будущего (иногда в этой связи называют XXI в.). Не исключено, что в процессе научных и опытных работ, необходимых для создания оружия нужной эффективности, люди смогут открыть такие возможности для ведения не оборонительной, а агрессивной войны, что «оборонную инициативу» отодвинут на второй план как нечто маловажное. Уже сейчас обсуждается вопрос об использовании оружия направленной энергии для поражения наземных целей (например, самолетов на аэродромах) из космоса, т. е. об использовании системы станций космической обороны для нападения на наземные объекты. Непредсказуемые последствия подобной гонки космических вооружений могут оказаться ужасающими.

Многие исследователи говорят о том, что чудовищные по своей мощности арсеналы ядерного оружия, накопленные во всем мире и способные многократно уничтожить жизнь на Земле, никто не решится пустить в ход, поскольку ядерная война — война самоубийственная. Однако, по мнению этих же ученых, она может возникнуть «сама» без того, чтобы та или иная сторона приняла бы решение о нападении. Проблема случайного возникновения ядерного конфликта не сходит сегодня со страниц серьезных изданий.

Действительно, сложность управления современным оружием, необходимость постоянной боеготовности, крайняя скоротечность военных действий — все это требует высочайшего уровня автоматизации. Но автоматы (как и человек) способны ошибаться. Вероятность ошибок увеличивается по мере роста числа включенных в каждую систему автоматических устройств и усложнения той «большой системы», элементом которой она является. Примеры таких ошибок, которые пока, к счастью, не привели к трагическим последствиям, неоднократно описывались в прессе.

Космические боевые станции образуют уникальную сложную автоматизиро-

ванную систему. Ее основная задача — обнаружить после многолетних непрерывных наблюдений неожиданный старт баллистических ракет и поразить их — может быть решена лишь на основе полной автоматизации. Но точно так же и «космические мины» должны действовать не только по командам с Земли, но и автоматически, если их аппаратура зафиксировала, что станции, около которых они находятся, начали боевые операции. Все это касается и других аппаратов, составляющих материальную основу «звездных войн». В столь сложной автоматической системе вероятность случайного сигнала, который она воспримет как начало боевых действий, так велика, что об этом стоит серьезно задуматься.

Нужно еще учесть, что система должна действовать практически мгновенно и времени на распознавание ошибки (что было в прошлом) у нее не будет. Опасная ситуация усугубляется и тем, что обычный для технических систем этап окончательных испытаний, позволяющий устранить последние ошибки и осуществить последние регулировки, здесь принципиально невозможен. Такие испытания полагается вести в натуральных условиях с реальными объектами, но ведь очевидно, что одна сторона не предоставит свои аппараты другой для окончательной регулировки боевых устройств. Следовательно в космосе будут находиться не до конца отлаженные системы, что сразу повышает возможность случайной ошибки. Так милитаризация космоса заметно увеличивает вероятность случайного возникновения войны.

Вот чем объясняется резко отрицательное отношение большинства серьезных ученых к планам, составляющим основу «стратегической оборонной инициативы». Тем более что осуществление подобных проектов противоречит бессрочному Договору между СССР и США об ограничении систем противоракетной обороны (1972 г.). Ведь договоры заключаются для того, чтобы их выполнять, а не для того, чтобы одна из сторон вскоре после подписания соответствующих документов приступила к действиям, как раз ими и запрещенным.

*

Таким образом, подходя к проблеме создания системы космической обороны против баллистических ракет со всей серьезностью, мы убеждаемся, что эта система отнюдь не чисто оборонная. Ее агрессивный и дестабилизирующий компонент на-

столько очевиден, что его признают и Р. Рейган и К. Уайнбергер. Поэтому разработка такой системы — совсем не шаг в сторону мира, а явный шаг в сторону увеличения опасности возникновения ядерного конфликта.

Эффективность подобной системы будет недостаточной для защиты территории страны, в лучшем случае удастся обеспечить лишь частичную защиту отдельных объектов. В то же время полученные в ходе научных исследований результаты могут быть использованы для усиления агрессивных компонентов вооруженных сил.

Зачем же тогда тратить большие средства на разработку столь малосовершенной и опасной системы? Как это ни парадоксально, но именно дороговизна, по всей видимости, делает жизнеспособной «стратегическую оборонную инициативу». Военно-промышленный комплекс США в случае ее реализации будет многие годы (даже десятилетия) получать огромные гарантированные прибыли. Ведь, по подсчетам ученых Станфордского университета и оценкам других специалистов, только первый «слой» обороны потребует затрат в 500 млрд долл., а многослойная система — в несколько раз больше. В погоне за сегодняшними прибылями руководители соответствующих промышленных корпораций не склонны задумываться над тем, к чему это приведет завтра. В жизни своекорыстные интересы нередко берут верх над разумом, но в данном случае такой подход может привести к глобальной катастрофе, даже к уничтожению цивилизации, если не самой жизни на Земле.

Вся затея с «многомиллиардной оборонной инициативой» выглядит просто

аморальной на фоне тех страданий, которые все еще испытывает человечество от голода и болезней (особенно в развивающихся странах). Можно было бы спасти сотни тысяч людей от смерти, направив эти огромные средства на борьбу с бедностью и порождаемыми ею лишениями.

Высказанные здесь мысли о большой опасности для человечества милитаризации космического пространства поддерживаются большинством ученых самых разных стран. Однако в прессе можно встретить и противоположные мнения, исходящие нередко от специалистов. Более внимательный анализ показывает, однако, что большинство адвокатов «стратегической инициативы» прямо или косвенно связаны с военно-промышленным комплексом и, следовательно, их рассуждения далеко не бескорыстны.

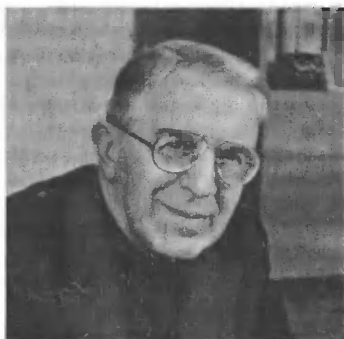
В заключение хочется отметить поразительную алогичность предлагаемой программы. Чтобы сделать баллистические ракеты устаревшими и бессильными, предлагается создать провоцирующую агрессивность оборонительную систему космических вооружений и одновременно провести модернизацию наступательного оружия (ракеты «МХ», подводные лодки «Трайдент»). И все это непонятным образом должно привести к ликвидации опасности ядерной войны. Но ведь существует дешевый и (в отличие от других вариантов) абсолютно надежный способ устранить угрозу ядерной войны — запретить ядерное оружие. Советский Союз уже давно выступает с таким предложением, но администрация США упорно отклоняет его. Не потому ли именно, что это слишком дешево?

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЕЖЕГОДНИК «БУДУЩЕЕ НАУКИ»

Вот уже 20 лет знакомит читателей с новыми гипотезами, перспективами развития науки, ее нерешенными проблемами. С 1985 г. ежегодник издается в новом формате, теперь у него привлекательная красочная обложка. Но изменился он не только внешне. Наряду со статьями появились интервью, среди авторов стало больше молодых исследователей. И в статьях признанных лидеров науки слышнее зазвучала прогностическая нота. Наряду с советскими авторами на страницах ежегодника выступают известные зарубежные ученые. Публикуются также статьи, написанные советскими учеными совместно с их коллегами из других стран. Такой интернациональный характер издания подчеркивает значение научного сотрудничества, направленного на благо всех людей. И, конечно, сегодня одна из главных тем ежегодника — ответственность ученых за мирное использование научных открытий.

Неканонические структуры в сверхспиральной ДНК

Ю. С. Лазуркин



Юрий Семенович Лазуркин, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией физики биополимеров Института молекулярной генетики АН СССР и заведующий кафедрой молекулярной биофизики Московского физико-технического института. Область научных интересов — изучение физических свойств и строения ДНК, их связи с биологическими функциями.

После того как в 1944 г. была доказана генетическая роль ДНК, а затем в 1953 г. установлена ее двуспиральная структура, интерес к этой молекуле вырос необычайно. И это вполне естественно, поскольку важнейшие жизненные процессы, вся эволюция живого связаны с изменениями в структуре молекул ДНК. В результате интенсивных исследований ДНК к середине 70-х годов сложилось убеждение, что об этой молекуле, ее структуре и свойствах известно если не все, то по крайней мере все главное. Было найдено, что при изменении внешних условий двойная спираль претерпевает некоторые превращения; что существует два семейства структур — А и В (оба относящиеся к правым спиральям); подробно изучено плавление молекулы ДНК в растворе (переход спираль — клубок), энергетика этого процесса; удалось понять молекулярный механизм репликации (самовоспроизведения ДНК) и транскрипции (синтеза РНК на матрице ДНК) — процессов, требующих разделения и последующего воссоединения нитей двойной спирали.

После того как Р. Дульбекко, Дж. Кернс и Дж. Виноград обнаружили молекулы ДНК в виде ковалентно замкнутых колец, начался новый скачок в изу-

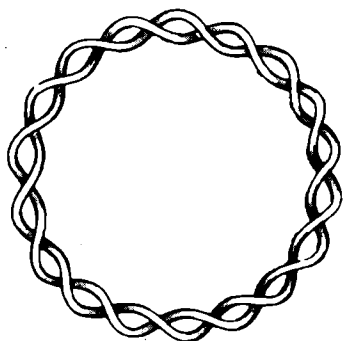
чении ДНК. За короткое время существенно расширились представления о строении и конформационных возможностях ДНК. Если условно отнести давно известные конформации ДНК (А-, В-структуры, беспорядочный клубок) к каноническим формам, то в последние годы были открыты неканонические, в первую очередь Z- и крестообразные формы. Более того, были установлены условия их возникновения, энергетика и кинетика их образования и распада, их структура и свойства. В результате открылись новые пути для исследования регуляторной роли ДНК в клетке, для изучения возможных способов управления реализацией генетической информации и другими процессами.

Этот новый скачок в изучении ДНК во многом обеспечен физическими исследованиями, в которых широко использованы генно-инженерные методы. Сейчас сравнительно полно и глубоко изучены некоторые неканонические структуры чистой ДНК в растворе, ведутся поиски таких структур *in vivo*, создаются гипотезы об их биологической роли. Свой рассказ о неканонических структурах мы начнем с описания сверхспирализации молекул ДНК — самого эффективного, а часто и единственного фактора, способного вызвать их образование.

СВЕРХСПИРАЛИЗАЦИЯ ДНК

Обычно ДНК бактериофагов, вирусов и бактерий представляют собой ковалентно замкнутые кольцевые молекулы. Даже если внутри бактериофага молекула ДНК линейна, незамкнута, то, проникнув в бактериальную клетку, она переходит в кольцевую форму. И в хромосомах эвкариот молекулы ДНК образуют замкнутые петли, причем замыкание происходит, скорее всего, через белковые «скрепки».

Природные кольцевые ДНК представляют собой вторично закрученные спи-



Схематическое изображение кольцевой, ковалентно замкнутой молекулы ДНК.

рали. Двойная спираль в них частично раскручена, т. е. количество витков уменьшено по сравнению с обычной двойной спиралью. За такую недокрутку сверхспирализацию называют отрицательной. Возникновение сверхспирали наглядно можно представить так: обычная линейная двойная спираль ДНК сворачивается в кольцо на плоскости, сближаются ее концы; перед тем как им соединиться так, чтобы каждая нить ДНК образовала замкнутое кольцо, двойная спираль раскручивается на τ оборотов, и в молекуле создается некоторое напряжение. После сшивания концов (например, ферментом ДНК-лигазой) недокрутка двойной спирали частично уменьшается за счет того, что ось молекулы изгибается в пространстве и возникает вторичная спираль, или сверхспираль. Величина τ называется числом сверхвитков. Поскольку при одинаковом их числе короткая молекула сверхспирализована сильнее, чем длинная, степень сверхспирализации характеризуют обычно удельной величиной σ . Определяется она отношением числа сверхвитков к величине, пропорциональной полной длине молекулы

и равной, примерно, числу витков двойной спирали:

$$\sigma = \frac{\tau}{N/10} = \frac{10\tau}{N},$$

где N — полное число пар нуклеотидов в молекуле. Величина σ называется плотностью сверхвитков, или сверхспиральной плотностью. Ее природные значения лежат в пределах от $-0,03$ до $-0,12$. Как число сверхвитков τ , так и степень сверхспирализации σ непрерывно изменяются в зависимости от внешних условий (например, температуры). И это понятно, так как τ является разностью двух величин — количества оборотов одной нити вокруг другой в кольцевом, замкнутом состоянии и числа этих оборотов в линейном, незамкнутом состоянии. А последняя величина плавно изменяется с температурой и другими внешними условиями.

Сверхспиральная молекула обладает повышенной свободной энергией, и это главным образом определяет особенности ее структуры и свойств.

Энергия сверхспирализации молекулы, равномерно напряженной по всей длине, была определена на опыте и оказалась связанной со степенью сверхспирализации соотношением

$$G = 11NRT\sigma^2,$$

где R — газовая постоянная, T — абсолютная температура.

Все природные кольцевые ДНК — это смесь топоизомеров, т. е. набор одинаковых молекул с разным числом сверхвитков. Два топоизомера различаются всегда целым числом сверхвитков. Минимальная разница отвечает двум соседним топоизомерам и равна 1. В опытах можно изменять степень сверхспирализации ДНК, выделенной из клетки, т. е. сдвигать набор топоизомеров в ту или иную сторону¹.

Любые конформационные изменения в ДНК, уменьшающие напряжение в молекуле и ее энергию сверхспирализации, должны стимулировать сверхспирализацию, причем в тем большей степени, чем она выше. Поскольку величины τ и σ не меняются при постоянных внешних условиях (без разрыва хотя бы одной из цепей ДНК), конформация ДНК может изменяться за счет перераспреде-

¹ Подробнее о сверхспирализации см.: Франк-Каменецкий М. Д., Вологодский А. В. — Усп. физ. наук, 1981, т. 134, с. 641.

ления недокрутки, сосредоточения ее в отдельных частях молекулы. При этом в остальной части молекулы напряжения сверхспирализации падают, и уменьшается ее полная энергия². Известны несколько конформационных изменений, приводящих к подобному результату: флуктуационные раскрытия оснований (разрыв водородных связей между основаниями в двойной спирали с их выходом из остова спирали наружу) в отдельных парах и в коротких участках ДНК, образование крестообразных структур в области обращенных повторяющихся последовательностей оснований (палиндромов) и возникновение левоспиральных участков.

В лабораториях физики биополимеров и молекулярных основ генетики нашего института такие процессы исследуются теоретически и экспериментально. Остановимся сначала на локальном раскрытии двойной спирали. Если каждая пара оснований при обычных условиях в линейной или релаксированной ($\sigma=0$) ДНК в среднем находится в раскрытом состоянии долю времени, равную $\sim 10^{-5}$, то в сверхспиральной (при $\sigma=-0,10$) его доля достигает $\sim 10^{-2}$. Благодаря этому химические реакции, требующие раскрытия оснований, а также другие взаимодействия происходят легче в отрицательно сверхспирализованной ДНК.

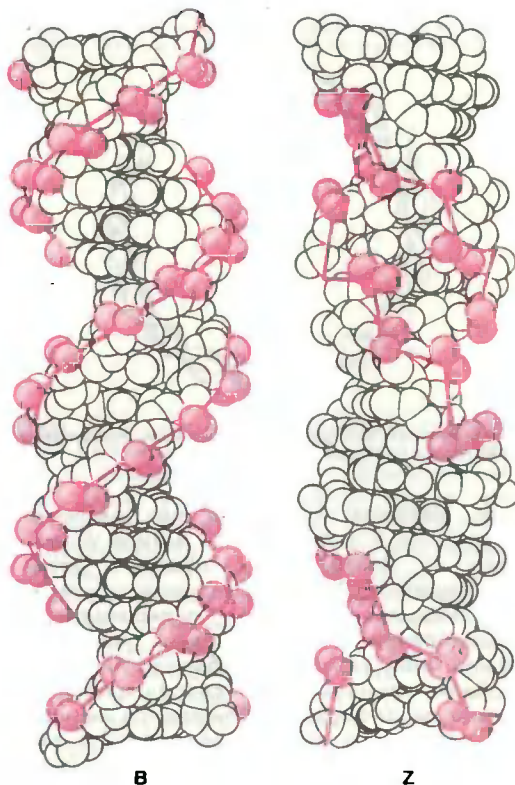
Это свойство помогает понять биологическую роль отрицательной сверхспирализации, о которой речь впереди. А пока рассмотрим закономерности образования неканонических структур — Z- и крестообразной формы — под влиянием сверхспирализации.

Z-ФОРМА

Левая спираль, названная Z-формой в связи с тем, что сахарофосфатный остов молекулы ДНК образует зигзаг, была открыта в 1979 г. при рентгеноструктурном исследовании кристаллов из самокомплементарных молекул гексануклеотидов $d(G-C)_3$. А. Ричем с сотрудниками³.

Такие нуклеотиды способны складываться в короткие двойные спирали, закрученные не вправо, а влево. Еще раньше, в 1972 г., Ф. Поль и Т. Иовин, исследуя методом кругового дихроизма растворы полимеров $d(G-C)_n$, обнаружили структурный переход при высокой концентрации соли и предположили, что он отвечает превращению двойной спирали из правой в левую.

Отметим, что при физиологических условиях (условиях, близких к существующим в организме) в линейных молекулах



Модель двойной спирали ДНК в B- и Z-формах.

ДНК Z-форма не образуется; только в сверхспиральных ДНК можно, в принципе, ожидать перехода ДНК из B- в Z-форму. Чтобы проанализировать условия перехода,

² В клетке степень сверхспирализации ДНК изменяют ферменты топоизомеразы. Их действие всегда сопряжено с разрывом одной или обеих нитей молекулы и их последующим воссоединением.

³ $d(G-C)_3$: d — дезокси-, (G—C)₃ — гуанозин и цитидин, следующие друг за другом и 3 раза повторяющиеся. Поскольку этому гексануклеотиду комплементарен точно такой же, его в формуле не обозначают. Далее по тексту встречаются последовательности

типа $d(G-T)_n \cdot d(A-C)_n$, в которых пара дезоксирибонуклеотидов гуанозин — тимидин в одной цепи ДНК комплементарна паре аденозин — цитидин в другой. Каждая пара нуклеотидов повторяется n раз.

рассмотрим некоторые структурные параметры Z-формы⁴.

Z-форма содержит 12 пар оснований в витке, а не 10 (в растворе 10,5 пары), как В-форма. Период спирали равен 44,6 Å. Повторяющаяся асимметричная единица в ней — не одна пара оснований, а две, следовательно, на виток приходится 6 пар динуклеотидов, нуклеотиды которых имеют различные конформации.

В каких условиях можно наблюдать переход отрицательно сверхспирализованной ДНК в Z-форму? Поскольку переход даже небольшого участка в левоспиральную форму должен уменьшать свободную энергию и снижать напряжения в отрицательно сверхспирализованной ДНК, можно ожидать, что при достаточной плотности сверхвитков такой переход будет происходить, в первую очередь, в пурин-пиримидиновых последовательностях из-за их склонности к этому процессу. Действительно, в лаборатории А. Рича в США и в ряде других лабораторий такой переход был обнаружен при исследовании сверхспиральных плазмидных ДНК с включением «Z-любивых» пурин-пиримидиновых последовательностей.

Для наблюдения В—Z- и других конформационных переходов в сверхспиральной ДНК наиболее эффективным методом оказался электрофорез в геле, в особенности двумерный. При образовании той или иной неканонической структуры во вставку вся молекула ДНК становится менее компактной и поэтому в геле движется медленнее. Основанный на этом метод двумерного гель-электрофореза позволяет не только зафиксировать наличие конформационного перехода, но и определить плотность сверхвитков, при которой он произошел. В ряде случаев удается установить природу образовавшейся структуры и найти кинетические и энергетические параметры перехода.

Наблюдать В—Z-переход удается также методом связывания антител, специфичных только к Z-ДНК, а также некоторыми другими методами.

Обращаясь к термодинамике В—Z-перехода, подчеркнем, что при физиологических ионной силе и температуре Z-форма нестабильна; ее свободная энергия выше, чем В-формы. Рассмотрим переход в Z-форму участка ДНК, граничащего с обеих сторон с В-формой. Уве-

личение свободной энергии в этом процессе определяется величиной $m\Delta F_{BZ} + 2F_i$, где m — число пар нуклеотидов в участке ($m=2n$), ΔF_{BZ} — разность свободных энергий (в расчете на одну пару) между ДНК в Z- и в В-форме, F_i — свободная энергия границы между этими участками. Величина F_i положительна, поскольку граница между двумя структурами напряжена и обладает избыточной энергией. Чем выше F_i , характеризующая кооперативность В—Z-перехода, тем труднее он происходит в коротких участках по сравнению с длинными. В сверхспирализованной ДНК В—Z-переход в относительно коротком участке возможен потому, что возрастание энергии при переходе компенсируется убыванием энергии сверхспирализации ΔG_m всей кольцевой молекулы. Условие перехода имеет вид:

$$2F_i + m\Delta F_{BZ} + \Delta G_m = 0.$$

Определив из опыта значение σ в середине В—Z-перехода (том значении плотности сверхвитков, при котором переход во вставку происходит наполовину), можно найти величину ΔG_m для вставок различной длины m , а затем по этой формуле найти F_i и F_{BZ} . Обе эти величины найдены также из опыта с одной вставкой $d(G-T)_n \cdot d(A-C)_n$ значительной длины⁵. Оказалось, что длинные вставки переходят в Z-форму в два этапа. Сначала, при некотором значении σ происходит резкий кооперативный переход части вставки, затем постепенно, по мере увеличения $|\sigma|$ в Z-форму переходит остальная часть. Эти результаты в теории получили исчерпывающее количественное объяснение.

Суммируя имеющиеся данные, можно сказать, что для изученных последовательностей $d(G-C)_n \cdot d(G-C)_n$ и $d(G-T)_n \cdot d(A-C)_n$ значения термодинамических параметров В—Z-перехода (при физиологической ионной силе) лежат в пределах

$$F_i = 4-5 \text{ ккал/моль}; \Delta F_{BZ} = 0,3-0,6 \text{ ккал/моль}.$$

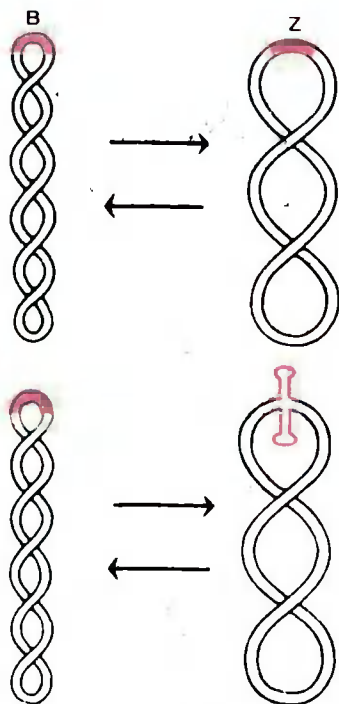
Пока нельзя сказать определенно, различаются ли значения F_i для разных последовательностей, хотя это, вероятно, так.

⁴ Подробнее о Z-форме см.: Rich A., Nordheim A., Wang A. H.-T. — Annual Rev. Biochem., 1984, v. 53, p. 791.

⁵ Frank-Kamenetskii M. D., Vologodskii A. V. — Nature, 1984, v. 307, p. 481; Pulleyblank D. E., Haniford D. B. — Ibid., 1983, v. 302, p. 632.

Что касается ΔF_{BZ} , то для последовательности $d(G-T)_n \cdot d(A-C)_n$ она выше, чем для $d(G-C)_n \cdot d(G-C)_n$. В обоих случаях эта величина сильнее зависит от внешних условий (в особенности от ионной силы), чем F .

Приведенные данные позволяют сделать несколько важных выводов. Во-первых, В—Z-переход наиболее кооперативный из всех известных конформационных переходов в ДНК (наименее кооперативен В—А-переход, промежуточное положение занимает переход спираль — клубок).



Схематическое изображение сверхспиральной ДНК, содержащей участок, способный переходить из В-формы в Z-форму (вверху) или крестообразную структуру. При образовании той и другой формы вся молекула частично релаксирует, число пространственных сверхвитков уменьшается и молекула становится менее компактной.

пенях сверхспирализации и в каких местах ДНК можно ожидать образования Z-формы, а где она невозможна. Другой вопрос — образуется ли реально при этом Z-форма *in vivo*? Здесь могут быть обстоятельства, затрудняющие образование Z-формы даже в тех участках, в которых ее образование *in vitro* разрешено термодинамически и действительно наблюдается на опыте. Возможна и обратная ситуация. На этом вопросе мы остановимся позже, а сейчас перейдем к крестообразным структурам.

КРЕСТООБРАЗНЫЕ СТРУКТУРЫ

Палиндромы, необходимые для образования крестообразной структуры в двойной спирали ДНК, обнаружены фактически во всех фагах и плаزمидях, для которых известна нуклеотидная последовательность ДНК. Иногда длина одной шпильки креста (вертикальной его части) бывает около 10—15 нуклеотидных пар, в большинстве же случаев палиндромы короче. Но при любой длине палиндромы не способны образовать крестообразные структуры в линейной двуспиральной ДНК: энергетически они крайне невыгодны. Избыточная свободная энергия креста складывается из энергии шести границ спиралей и энергии одностебельных петель и примерно равна 20 ккал/моль⁶. Вероятность образования крестообразной структуры в линейной ДНК оказывается порядка 10^{-15} , независимо от длины шпилек.

Коренным образом ситуация изменяется в сверхспиральной молекуле ДНК. Образование в ней креста уменьшает энергию сверхспирализации. Действительно, переход палиндрома, состоящего из m пар нуклеотидов, в крестообразное состояние эквивалентен локальному раскручиванию ДНК на $m/10,5$ оборотов; на эту величину уменьшится эффективное число сверхвитков в остальной (основной) части молекулы и, соответственно, станет ниже ее энергия сверхспирализации.

На возможность образования крестов в сверхспиральной ДНК указывал Дж. Уонг в 1975 г., а количественную зависимость

⁶ Приняв приближенно свободную энергию границы спираль — клубок равной ~ 3 ккал/моль, а избыточную свободную энергию разорванной пары оснований ~ 1 ккал/моль (при комнатной температуре) при четырех основаниях в вершинах креста, получим $3 \times 6 + 4 \times 1 = 22$ ккал/моль.

бок). Во-вторых, знание термодинамических параметров перехода и ряда дополнительных данных, которые еще предстоит найти из опыта, а также полной последовательности нуклеотидов в тех или иных ДНК позволит в дальнейшем с определенностью говорить о том, при каких сте-

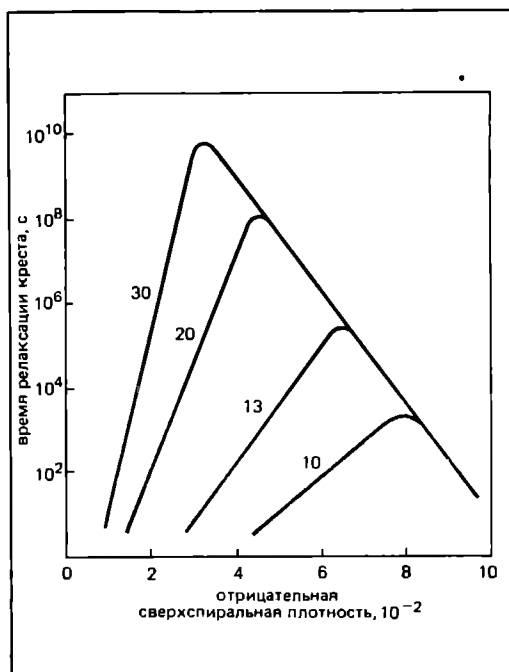
вероятности образования креста от размеров палиндрома, плотности сверхвитков и температуры позволила найти статистико-термодинамическая теория М. Д. Франк-Каменецкого и сотрудников, в которой учитывается и локальное расплавление молекулы.

Непосредственно наблюдать кресты, образуемые в сверхспиральных ДНК естественными палиндромами, оказалось невозможным из-за недостаточной разрешающей силы электронного микроскопа. Пригодным для этого оказался другой метод — гидролиз одностранных петель креста ферментом эндонуклеазой S1 (метод разработан в лабораториях Д. Лилли в Великобритании и Р. Уэллса в США). В различных естественных фаговых и плазмидных ДНК этим методом были найдены крестообразные структуры при достаточно высоких степенях сверхспирализации.

Тем не менее существование крестов было подвергнуто сомнению, так как высказывалась мысль, что используемый для гидролиза петель креста фермент, будучи белком, мог бы сам способствовать образованию крестообразной структуры. Поэтому потребовалась независимая методика, чтобы доказать спонтанное образование креста. Такое доказательство было получено в нашей лаборатории с помощью двумерного гель-электрофореза⁷. Еще в нескольких лабораториях подтверждено (с хорошей точностью) соответствие модели, с помощью которой оценивалась избыточная свободная энергия крестообразной структуры, близкая при комнатной температуре 20 ккал/моль.

Процессы образования и разрушения крестообразных структур происходят поразительно медленно, что не характерно для явлений, протекающих в молекулярном масштабе. В естественных крестах эта кинетика была впервые изучена В. И. Лямичевым и др.⁸ Время установления равновесия (релаксации креста), которое удается измерить на опыте, может составлять десятки часов. Оно сильно зависит от температуры, увеличиваясь в 10 раз с ее понижением примерно на каждые 10°. Поэтому при достаточно низких температурах (около 0 °C) оно становится практически бесконечным, крест не образуется.

Теория релаксации крестов была разработана М. Д. Франк-Каменецким и А. В. Вологодским у нас в лаборатории. Рассмотрим процесс исчезновения креста. Его разрушение идет в две стадии. Первая, медленная, заключается в постепенной миграции перекрестья, а элементарный шаг — в переходе двух пар нуклеотидов из шпилек в основные ветви спирали. Этот процесс энергетически невыгоден, так как избыточная энергия креста не изменяется, а энергия сверхспирализации возрастает. Более выгоден обратный про-

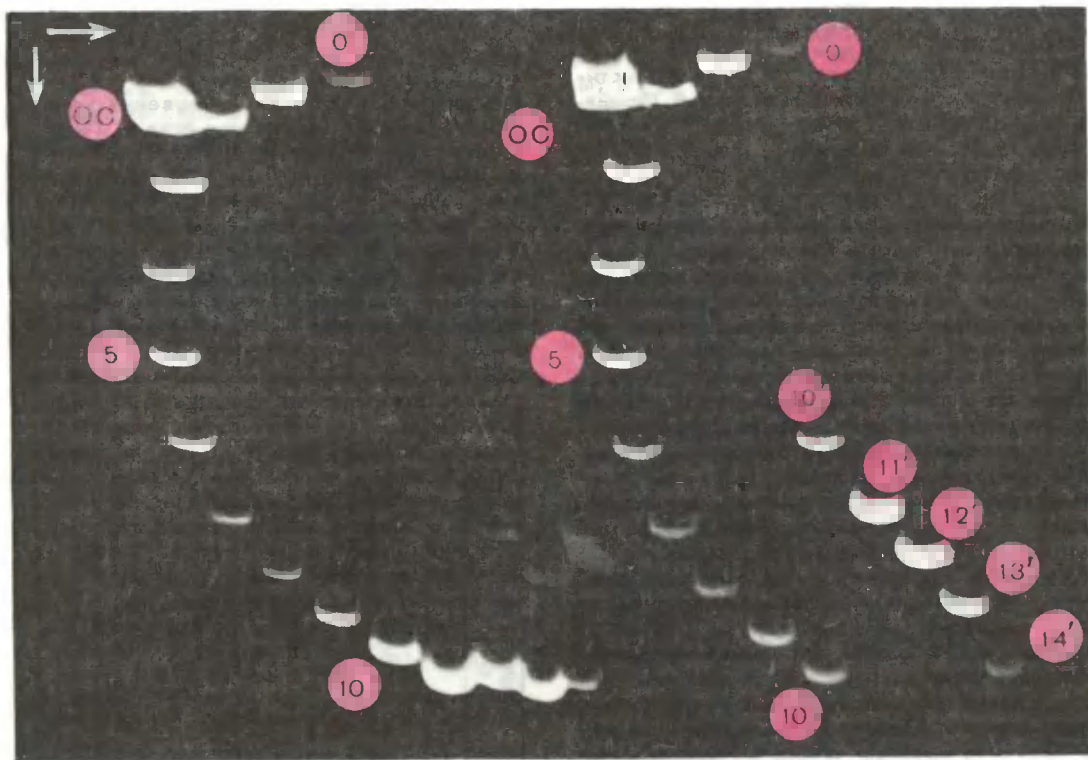


Теоретические кривые зависимости времени релаксации креста от сверхспиральной плотности. Цифры на кривых обозначено число нуклеотидных пар в шпильках креста. Видно, что даже для небольшого креста с длиной шпильки в 13 нуклеотидных пар время релаксации составляет около 50 часов.

цесс, ведущий к удлинению шпилек. В результате теплового движения шпильки укорачиваются, а потом снова, уже с большей вероятностью, удлиняются. Проходит очень много времени, пока при случайном блуждании точки перекрестья длина шпилек креста уменьшится настолько (примерно до 5 нуклеотидных пар), что они станут нестабильными, быстро расплавятся, и все пары оснований перейдут в основ-

⁷ Lyamichov V. I., Panyutin I. G., Frank-Kamenetskii M. D.— FEBS Lett., 1983, v. 153, p. 298.

⁸ Panyutin I., Klishko V., Lyamichov V.— J. Biomol. Struct. and Dynamics, 1984, v. 1, p. 1311.



Картина двумерного гель-электрофореза ДНК плазмиды рА03 при температуре около 10°C . Цифрами обозначены номера топоизомеров, ОС — открытые, неспирализованные кольцевые молекулы. Слева — электрофореграмма ДНК без крестов (их не было по кинетическим причинам). Справа — ДНК с топоизомерами 10'—14', содержащими крестообразные структуры. Чтобы заметить переход палиндрома в крестообразную форму или доказать ее существование, используют электрофорез в геле. Пластинку геля с образцом помещают в раствор электролита и подключают электрический ток так, чтобы сначала образец двигался вертикально, а при повторном электрофорезе — горизонтально (направления указаны стрелками). В этих условиях кольцевая ДНК разделяется на топоизомеры, их число определяют по количеству полос на пластинке. Чем больше число сверхвитков в топоизомере, тем ниже от стартовой точки видна его полоса. Если в каких-либо топоизомерах есть крест, соответствующие им полосы сместятся вверх из-за уменьшения подвижности и могут совпасть с другими топоизомерами (в данном случае топоизомер 10' с крестом двигался в вертикальном направлении вместе с топоизомером 6, в котором креста не было; топоизомер 11' — с топоизомером 7 и т. д.). Чтобы разделить и выявить топоизомеры с крестообразными формами, процедуру повторяют в направлении, перпендикулярном первому, но предварительно добавляют в гель интеркалятор — вещество, уменьшающее степень сверхспирализации ДНК. При этом кресты исчезают, подвижность содержавших их топоизомеров возрастает и в результате появляются сместившиеся полосы топоизомеров (№№ от 10' до 14'). Смещение в правую сторону полос топоизомеров монотонно увеличивается с их номером.

ные ветви спирали. Плавление креста и есть вторая, быстрая, стадия его разрушения. Образуется крест также медленно из-за весьма малой вероятности первой стадии — флуктуационного выплавливания (раскрытия оснований) значительной области в центре палиндрома. Максимальное время релаксации очень велико, и даже для сравнительно небольшого креста в плазмиде рА03 (с длиной шпильки в 13 пар нуклеотидов) должно составлять около 50 часов, что хорошо согласуется с экспериментальными результатами. Резкий рост времени релаксации с понижением температуры дал возможность (инкубируя ДНК при разных температурах и производя измерения вблизи 0°C) детально исследовать кинетику релаксации крестов и получить ответ на важный вопрос — имеются ли крестообразные структуры в плазмидной ДНК *in vivo*?

СУЩЕСТВОВАНИЕ НЕКАНОНИЧЕСКИХ СТРУКТУР ДНК *IN VIVO*

Итак, за счет сверхспирализации, существующей в молекулах ДНК в физиологических условиях, определенные последовательности нуклеотидов могут переходить

доть в Z- или крестообразную форму. Знание термодинамики этих кооперативных процессов позволяет предсказать, каков должен быть минимальный размер (длина) тех или иных последовательностей, чтобы они при известных значениях плотности сверхвитков σ могли, в принципе, перейти в неканоническую форму.

В ДНК имеются достаточно длинные палиндромы, способные образовывать *in vitro* крестообразные структуры. И пурин-пиримидиновые последовательности достаточной длины, способные переходить в Z-форму, также присутствуют в природных ДНК. Однако количество таких участков у про- и эукариот различно. ДНК ядерных организмов часто содержит последовательности $d(A-C)_n \cdot d(G-T)_n$. В геноме человека, например, таких участков около 50 тыс., причем в каждом не менее 50 пар нуклеотидов. У прокариот подобных последовательностей нет. Такие участки в виде многочисленных повторов во много десятков пар нуклеотидов найдены также в геномах дрозофилы, дрожжей, некоторых птиц и др. В мини-хромосоме вируса SV40 найдены три пурин-пиримидиновые последовательности (по 8 пар нуклеотидов), которые регулируют репликацию и транскрипцию. При достаточно высокой степени сверхспирализации, не прерывающейся, однако, обычно наблюдаемой в физиологических условиях, эти участки могут переходить в Z-форму. Примеров потенциальных Z-образующих участков в природных ДНК уже много. Выделены также белки, специфически связывающиеся с Z-ДНК и стабилизирующие ее, но не взаимодействующие с B-ДНК.

Кресты в ДНК до недавнего времени *in vivo* не были найдены. Первую попытку обнаружить их сделали В. И. Лямичев, И. Г. Панютин и С. М. Миркин, которые выделяли плазмидную ДНК из клеток при низкой температуре, когда переход между двумя структурами палиндрома — гладкой спиралью и крестом — заморожен. При этом крестов в ней не было. Они стали образовываться лишь после повышения температуры препарата. Подобные же результаты получены и другими авторами. На наш взгляд, наиболее интересно вытекающее отсюда предположение, что только часть общей сверхспирализации, наблюдаемой *in vitro*, реализуется *in vivo* в виде свободных сверхвитков, а другие сверхвитки замыкаются на белки. Именно так образуются нуклеосомы, в которых ДНК навивается на «сердечник» из белков — гистонов. Иначе говоря, взаимо-

действие с некоторыми белками уменьшает напряжение сверхспирализации ДНК в клетке ниже критического предела, необходимого для образования крестов. При недостаточном высоком напряжении сверхспирализации малые кресты не возникают, поскольку их образование энергетически невыгодно; для крестов большего размера главным может оказаться кинетический запрет: время их образования слишком велико. Напряжение сверхспирализации может, однако, возрастать в отдельные периоды клеточного цикла, и в этом случае не исключено образование крестов.

Недавно С. М. Миркин, И. Г. Панютин и В. И. Лямичев показали, что последовательность $d(A-T)_n \cdot d(A-T)_n$, в отличие от исследованных ранее других пурин-пиримидиновых участков, переходит *in vitro* под влиянием сверхспирализации не в левоспиральную, а в крестообразную структуру. Абсолютное значение σ этого перехода более низкое, а кинетика перехода — значительно более быстрая. Самое интересное, что такой переход зафиксирован этими же авторами и *in vivo*, внутри бактериальной клетки, когда белковый синтез в ней подавлен. Это первый случай обнаружения крестообразной структуры в живой клетке.

Судить о существовании Z-структур *in vivo* очень трудно, поскольку применяемые для этого методы не всегда дают прямой ответ, в том числе и метод связывания Z-антител. Например, хотя Z-форма ДНК была обнаружена в политенных хромосомах дрозофилы и хирономуса, нельзя быть уверенным, что эта форма существовала в хромосомах *in vivo*, а не образовалась в ходе опыта. Необходимая здесь фиксация хромосом уксусной кислотой приводит к удалению части белков из нуклеосом, а за счет этого могут возникнуть свободные сверхвитки и напряжения сверхспирализации, которые стимулируют переход отдельных участков в Z-форму. Так как без фиксации Z-антитела не связывались с хромосомами, можно лишь утверждать, что в хромосомной ДНК дрозофилы и хирономуса имеются последовательности, способные переходить в Z-форму.

Первое доказательство перехода в Z-форму вставки $d(G-C)_n \cdot d(G-C)_n$, включенной в плазмиду, а затем в геном кишечной палочки, было получено в 1983 г. Д. Хейнифордом и Д. Пуллейбланком при изучении распределения топоизомеров. И здесь переход наблюдался также

но, с величиной сверхспиральных напряжений, а измерений такой величины пока немного. Установлено, например, что ДНК в бактериальной клетке обладает некоторой активной сверхспирализацией, т. е. напряжением, а эвкарнотическая ДНК дрозофилы и клеток HeLa не напряжена, скорее всего, из-за взаимодействия с гистоновым ядром нуклеосом. Однако, как будет видно из дальнейшего, в некоторые периоды, например при активной транскрипции, в ДНК эвкарнот могут возникать напряжения, обусловленные сверхспирализацией, а она, судя по результатам опытов *in vitro*, способна вызывать образование неканонических структур.

КАКОВА БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ СВЕРХСПИРАЛИЗАЦИИ И НЕКАНОНИЧЕСКИХ СТРУКТУР В ДНК?

Установить связь между строением биологических молекул и их функцией в организме — конечная цель любых исследований в молекулярной биологии, в том числе и физических, с помощью которых добыты знания о сверхспирализации и неканонических структурах в ДНК. Что же сейчас известно с достоверностью?

В клетке сверхспирализация оказалась универсальным состоянием работающей ДНК. О важности этого состояния говорит наличие системы специальных ферментов — топоизомераз, способных как увеличивать, так и уменьшать степень сверхспирализации. Показано, например, что плотность сверхвитков в плазмиде рA03 в клетке *E. coli* зависит от активности топоизомераз разных классов — ДНК-гиразы, которая увеличивает их количество, и ω -белка, приводящего к их снижению⁹. Более того, в бактериальной клетке система топоизомераз поддерживает постоянную степень сверхспирализации, не зависящую от температуры. Нарушение работы этих ферментов оказывается губительным для клеток.

Сейчас у термофильных архебактерий обнаружен фермент обратная гириза, которая создает в ДНК положительную сверхспирализацию¹⁰. Авторы этого открытия считают, что положительная сверхспирализация ДНК в клетке может увеличи-

вать ее устойчивость к термической денатурации. А самое главное, по их мнению, обратная гириза нужна для освобождения ДНК от гистонов при репликации, рекомбинации или транскрипции или для возвращения участков, находящихся в неканонической форме (крестообразной или Z-форме), в регулярную B-форму в тех случаях, когда действия релаксирующих ферментов для этого недостаточно.

В настоящее время твердо установлено влияние отрицательной сверхспирализации в важнейших генетических процессах — репликации и транскрипции¹¹. Отрицательная сверхспирализация необходима для начала самовоспроизведения ДНК у прокариот (как *in vitro*, так и *in vivo*), так как этот процесс идет только на односторонних участках молекул, а их образование, т. е. локальное расплетание двойной спирали, облегчается сверхспирализацией. Интересное предположение о роли отрицательной сверхспирализации вытекает из работ голландских исследователей Р. Борста и др. В синтезе ДНК фага ФХ 174, который идет только на сверхспиральной молекуле, сверхспирализация оказалась необходима для того, чтобы А-белок, инициатор репликации, связался с определенным участком ДНК. Связываясь с таким участком, А-белок одновременно расплетает двойную спираль, лишь после этого разрывается одна нить ДНК и начинается синтез новой комплементарной нити. Сверхспирализация при этом исчезает. Для чего же она была нужна? Выяснилось, что и связывание А-белка и расплетание двойной спирали в ДНК невозможны без сверхспирализации. А она может существовать только в кольцевой молекуле, не имеющей ни одного разрыва. Отсюда возникает предположение, что с помощью описанного механизма осуществляется контроль над целостностью всей молекулы ДНК: репликация начинается лишь в том случае, если в ДНК нет ни одного дефекта, который мог бы привести к ошибкам в столь ответственном для организма процессе.

Благодаря сверхспирализации в молекуле ДНК осуществляются дальние взаимодействия. События в любой точке, изменяющие степень сверхспирализации (например, связывание или, наоборот, освобождение определенных белков, образование или исчезновение той или иной нека-

⁹ Mirkin S. M., Zaitsev E. N., Panyutin I. G., Lyamichov V. I. — Mol. Gen. Genet., 1984, v. 196, p. 508.

¹⁰ Kikuchi A., Asai K. — Nature, 1984, v. 309, p. 677.

¹¹ Грагеров А. И., Миркин С. М. — Мол. биол., 1980, т. 14, с. 8.

нонической структуры, разрыв одной нити и т. п.), немедленно сказываются на состоянии всей кольцевой молекулы, изменяя в ней напряжения сверхспирализации. При этом в любой другой точке молекулы могут произойти события, вероятность которых зависит от этих напряжений. Такой механизм может лежать в основе регуляции генетических процессов.

Связь сверхспирализации с транскрипцией — синтезом РНК на матрице ДНК — была установлена вначале для прокариот, сейчас и для эукариотических клеток. Увеличение степени отрицательной сверхспирализации, как правило, повышает скорость инициации синтеза мРНК у бактерий и фагов. При этом обычно изменяется избирательность транскрипции, т. е. относительная сила разных промоторов — участков, с которыми связывается РНК-полимераза и начинается синтез РНК. В ряде случаев могут активироваться даже новые промоторы, не активные в релаксированной ДНК.

Помимо прямой активации большинства генов, недавно был открыт и другой тип регуляции, связанный с синтезом ДНК-гиразы — фермента, который увеличивает степень сверхспирализации ДНК¹². Оказалось, что транскрипция генов этого фермента активируется, когда ДНК релаксирует. При этом возрастает синтез гиразы и, естественно, увеличивается степень отрицательной сверхспирализации ДНК. Когда степень сверхспирализации возрастает до некоторого предела, синтез гиразы ингибируется. Как видим, этот тип регуляции осуществляется через своеобразный механизм обратной связи: синтез фермента регулируется таким оригинальным «продуктом» его работы, как сверхспирализация ДНК.

Чтобы понять механизм влияния сверхспирализации на транскрипцию, следует учитывать, в первую очередь, что РНК-полимераза принадлежит к белкам, локально раскручивающим ДНК при взаимодействии с ней. Сверхспирализация облегчает подобное раскручивание. Она также способна приводить к образованию неканонических структур.

Эти структуры в ДНК в последнее время вызывают огромный интерес исследователей, поскольку весьма вероятно, что именно через образование и уничтожение этих форм осуществляется во многих

случаях регуляторная роль сверхспирализации. Пока сверхспирализация — единственный известный фактор, способный вызвать образование крестообразных структур в палиндромах двуспиральной ДНК. Она же — наиболее мощное и эффективное средство перевода специфических участков ДНК в другие неканонические структуры, например в Z-форму.

Как мы уже упоминали, неканонические структуры в чистой ДНК исследованы к настоящему времени лишь в растворе, некоторые из них обнаружены в клетке. В общем такие структуры внутри организма изучены недостаточно. Именно поэтому проблема биологической роли неканонических форм в ДНК не вышла из области гипотез и предположений, которые, тем не менее, нельзя не упомянуть.

Из наблюдений *in vitro* установлено, что последовательности, склонные образовывать неканонические структуры, всегда расположены в промежутках между структурными генами, т. е. в областях, которые не кодируют белки. Известно, что одна из основных функций этих некодирующих областей — регуляторная, именно здесь расположены «центры управления» рядом генетических процессов. Это и рождает гипотезы о регуляторной роли неканонических структур.

Наличие в природных ДНК потенциальных Z- и крестообразующих участков, а также белков, которые могут связываться с Z-ДНК и стабилизировать ее, породило множество гипотез о биологической роли Z- и крестообразных структур. В ряде лабораторий эта роль исследуется экспериментально. А совсем недавно в лаборатории Г. Фельзенфельда (США) обнаружены белки, способные связываться с полипурин-полипиримидиновой последовательностью, которая находится рядом с геном, кодирующим глобин у цыпленка. Этот факт, а также новая неканоническая структура, которая обнаружена сотрудниками нашего института в подобных же последовательностях, подкрепляют идею о том, что полипурин-полипиримидиновые участки в ДНК играют регуляторную роль.

По существующим гипотезам, неканоническим структурам отводится регуляторная роль в процессах репликации, транскрипции и рекомбинации. Считается, что эти процессы регулируются В—Z и В — крест или другими переходами в определенных участках ДНК как за счет непосредственных, ближних взаимодействий с теми

¹² Menzel R., Gellert M. — Cell, 1983, v. 34, p. 105.

или иными белками, так и за счет дальнего действия. Предполагается, что участвующие в этих процессах белки могут узнавать последовательности ДНК, перешедшие в неканоническую форму, и связываться с ними. А это может служить сигналом для начала или окончания того или иного генетического процесса или изменения его скорости. Кроме того, связывание с белками может менять напряжения по всей сверхспиральной молекуле и, следовательно, влиять на вероятность образования неканонических структур в других, удаленных участках ДНК. В результате будет изменяться взаимодействие белков с ДНК в этих участках.

Правда, не следует упускать из вида и другую возможность, относящуюся к крестообразным формам: специфические последовательности в ДНК — палиндромы — воспроизводятся в РНК при ее синтезе и могут образовывать в ней шпильки. Такие шпильки могли бы узнаваться ферментами или структурными белками и играть определенную роль в функционировании РНК.

Сейчас получены убедительные доказательства того, что структура транскрипционно-активного хроматина (динамического, по терминологии А. Ворсела, в лаборатории которого это явление обнаружено) существенно отличается от структуры статического тем, что ДНК в нем напряжена, т. е. имеет свободные сверхвитки¹³. Немного раньше, в 1982 г., свободные сверхвитки были обнаружены и в транскрипционно-активных мини-хромосомах вируса SV40 (доля их не превышала 5 %) в лаборатории Г. П. Георгиева¹⁴. Значение этих данных трудно переоценить. Из них следует, что в определенных участках ДНК могут возникать, пусть на некоторое время, неканонические структуры, способные, в принципе, выполнять различные биологические функции, относящиеся к рекомбинации, регуляции активности генов, репликации и др. В недавней работе А. Ворсела с сотрудниками сделано открытие очень большого значения: обнаружены белки, способные при совместном действии с топоизомеразой избирательно приводить в сверхспиральное состояние определенные гены и вызывать

при этом активацию их транскрипции¹⁵. По-видимому, для каждого гена или группы генов имеются свои белки, вполне возможно также, что такая ген-специфичная сверхспирализация ДНК окажется общим принципом, с помощью которого регулируется активность эукариотических генов. Дальнейшие исследования, результатов которых, вероятно, не придется долго ждать, покажут, участвуют ли в этом регуляторном процессе неканонические структуры.

Сегодня мы с уверенностью можем сказать, что как в самом процессе образования неканонических структур ДНК в клетке, так и в возможном их функционировании решающую роль должно играть взаимодействие ДНК с белками, способными и стабилизировать, и дестабилизировать подобные структуры.

Открытие неканонических структур в сверхспиральной ДНК существенно обогатило понимание физических свойств и поведения этой молекулы в различных процессах. Но исследования ДНК продолжаются, ибо, по словам Ф. Крика, сколько бы мы ни знали об этой чрезвычайно важной молекуле, мы никогда не будем знать о ней слишком много.

¹⁵ Kmiec E. B., Worcel A.— Cell, 1985, v. 41, p. 945.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Уотсон Дж. МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ ГЕНА. М.: Мир, 1979.

Кантор У., Шиммель П. БИОФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ. В 3-х т. М.: Мир, 1984—1985.

Хесин Р. Б. НЕПОСТОЯНСТВО ГЕНОМА. М.: Наука, 1984.

Франк-Каменецкий М. Д. САМАЯ ГЛАВНАЯ МОЛЕКУЛА. М.: Наука, 1983.

¹³ Worcel A., Ryoji M.— Cell, 1984, v. 37, p. 21.

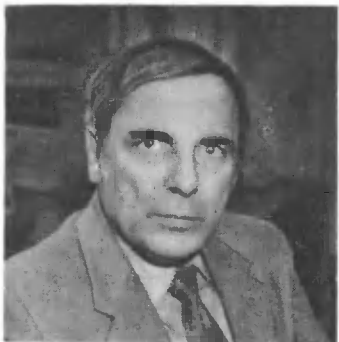
¹⁴ Luchnik A. H., Bakayev V. V., Zbarsky I. B., Georgiev G. P.— EMBO J., 1982, v. 1, p. 1353.

Процессы этнического развития и этническое прогнозирование

Ю. В. Бромлей, П. И. Пучков



Юлиан Владимирович Бромлей, академик, заместитель главного ученого секретаря Президиума АН СССР, директор Института этнографии им. Н. Н. Миклухо-Маклая АН СССР, профессор Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Область научных интересов — теория этноса и этнических процессов, методологические проблемы этнографической науки, история и этнография балканских народов, история первобытного общества. Монографии: Крестьянское восстание в Хорватии 1573 г. М., 1958; Становление феодализма в Хорватии. М., 1964; Этнос и этнография. М., 1973 (издана также на болгарском, венгерском, итальянском, немецком и словацком языках); Современные проблемы этнографии (очерки теории и истории). М., 1981; Брак и семья у народов Югославии (совместно с М. С. Кашубой). М., 1982; Очерки теории этноса. М., 1983; Создано человечеством (совместно с Р. Г. Подольным). М., 1984. Лауреат Государственной премии СССР.



Павел Иванович Пучков, доктор исторических наук, заместитель заведующего лабораторией этнической статистики и картографии Института этнографии им. Н. Н. Миклухо-Маклая АН СССР, профессор Университета дружбы народов им. Патриса Лумумбы. Занимается проблемами этнического развития народов, этнографии и демографии Австралии и Океании, этнической картографии и религиоведения. Монографии: Население Океании. Этногеографический обзор. М., 1967; Формирование населения Меланезии. М., 1968; Современная география религий. М., 1975; Le religioni nel mondo d'oggi. Milano, 1978; Этническая ситуация в Океании. М., 1983. Лауреат премии им. Н. Н. Миклухо-Маклая АН СССР. Член редколлегии журнала «Природа».

Этническая структура населения мира чрезвычайно сложна и разнообразна. В настоящее время на Земле проживает несколько тысяч народов, сильно различающихся между собой по уровню своего социально-экономического развития, по языку и культуре, по своему расовому облику¹. Кроме того, эта сложная этническая картина крайне динамична: сегодня она уже не та, что была, скажем полстолетия назад, а еще через полстолетия будет существенно отличаться от нынешней. Эти изменения вызваны совокупным

действием этнических, демографических и миграционных процессов.

В нашей статье речь пойдет о процессах этнических. Нужно сразу подчеркнуть, что понятие «этнический процесс» довольно широкое. Под этим термином понимается изменение в этносе любого его компонента: отдельных элементов культуры, языка, социальной структуры и т. д. Среди этнических процессов выделяются этноэволюционные и этнотрансформационные. Различие между ними в том, что в первых при изменении ряда компонентов этнос или какая-то его группа остаются самими собой, т. е. не происходит смены этнического самосознания, во вторых — самосознание изменяется.

В зависимости от господства центро-

¹ О проблемах типологизации этнических общностей см. нашу статью: Этнические общности: их историко-типологическая и этнолингвистическая классификация. — Природа, 1983, № 9, с. 74.

бежных или центростремительных тенденций собственно этнические процессы обычно подразделяют на две основные типологические группы: этническое разделение и этническое объединение. Ниже мы увидим, что процессы каждой из этих групп могут быть и этноэволюционными, и этнотрансформационными, и смешанными — эволюционно-трансформационными. И этническое объединение, и этническое разделение были свойственны всем периодам человеческой истории, однако в настоящее время явно преобладают объединительные процессы.

Этническое объединение происходит в разных формах, но есть ряд черт, которые характерны для любого процесса данной типологической группы. Это культурное и языковое сближение людей, вовлеченных в него, нивелирование, а иногда и полное уничтожение имеющихся между ними различий. В последние годы в советской этнографической науке изучению этнообъединительных процессов было уделено большое внимание. Если сравнительно недавно выделяли только два типа этих процессов — консолидацию и ассимиляцию, то теперь различают еще межэтническую интеграцию и этногенетическую миксацию. Кроме того, было установлено, что под термином «консолидация» фактически подразумевают два разнотипных процесса.

Первый из них — межэтническая консолидация. Она представляет собой слияние нескольких ранее самостоятельных, но родственных по языку и культуре народов в единый новый, более крупный этнос. Второй — внутриэтническая консолидация, при которой происходит внутреннее сплочение более или менее крупного народа путем сглаживания различий между имеющимися внутри него группами. Хотя оба эти типа этнического объединения связаны друг с другом и межэтническая консолидация со временем обычно переходит во внутриэтническую, сущность их различна. В первом случае этническое самосознание изменяется, т. е. этот тип консолидации носит этнотрансформационный характер. Во втором — смены самосознания не происходит, и процесс по своему существу этноэволюционен.

МЕЖЭТНИЧЕСКАЯ КОНСОЛИДАЦИЯ

Межэтническая консолидация в наши дни свойственна прежде всего населению развивающихся стран, объединение которого заметно тормозилось в годы коло-

ниального порабощения. Вот некоторые примеры.

К югу от Сахары, в Нигерии, ряд значительных по численности этносов — игбо, йоруба и др. — образуются из многочисленных родственных между собой племен. На Гвинейском побережье, в Бенине, в один крупный этнос, насчитывающий около 2 млн человек, сливаются близкие между собой народы фон, аджа, айзо, махи, ге. В западных районах Берега Слоновой Кости племена бете, бакве, гребо, кран, гере также постепенно складываются в единую этническую общность. В Либерии в один этнос в будущем, вероятно, сольются народы, говорящие на разных диалектах языка кру: кру, гребо, клепо и др. В Заире идет консолидация племен мбому, бандийя, бамбои, одио и др. в крупную народность азанде.

Еще более интенсивны процессы межэтнической консолидации в тех странах Африки, где большинство населения говорит на близкородственных языках банту. На севере Заира: нгала, банги, нгомбе и др. объединяются в большой этнос на базе языка лингала. В Кении родственные этносы, расселенные по северному и восточному побережью оз. Виктория и именовавшиеся прежде банту Кавирондо, сливаются в единую народность лухья. В Танзании народы, говорящие на языках или диалектах ньямвези, сукума, ньятуру и мбугве уже в ближайшее время окончательно сложатся в единый этнос, насчитывающий около 4 млн человек и называемый — по имени крупнейшей группы — ньямвези. В Малави происходит консолидация на основе языка чиньянджа близкородственных народов ньянджа, тумбука, чева и др. В Ботсване говорящие на одном языке сеттсвана и родственные в культурном отношении племена мангватто, квена, нгвакетсе, тавана, кгатла, малете, ролонг, тлоква, калагати уже почти слились в один народ тсвана.

Межэтническая консолидация характерна и для ряда азиатских стран. Так, в Монгольской Народной Республике объединяются вокруг основного халха-монгольского ядра такие этнические группы, как дариганга, дюрбеты, баяты и т. д. В Индии, в штате Нага-Прадеш, племенные группы ао, коньяк, сема, лхота, ангами, ренгма и др. консолидируются в единую народность нага. В Индонезии проживающие преимущественно во внутренних районах Калимантана многочисленные даекские этносы обнаруживают определенную тенденцию к слиянию, и некоторые иссле-

дователи считают возможным образование в будущем единой даякской народности. Признаки консолидационного процесса общегосударственного масштаба заметны в такой крупной стране, как Филиппины, однако процесс этот осложнен сепаратистскими устремлениями отдельных групп филиппинского населения и тенденцией к образованию центров этнического сплочения вокруг нескольких наиболее крупных народов.

Для высокоразвитых в этническом отношении стран, в том числе и для СССР, межэтническая консолидация не характерна. Это как бы пройденный этап в их этническом развитии. Однако в первые послереволюционные годы в отдельных районах нашей страны она тоже имела место. Примером может служить образование двух народностей Южной Сибири — алтайцев и хакасов. Алтайцы сформировались в первые годы Советской власти из небольших тюркоязычных этнических общностей: собственно алтайцев, теленгитов вместе с близкими к ним телесами и телеутами, тубаларов, челканцев, кумандинцев. А базой для формирования хакасов послужили расселенные несколько восточнее тюркоязычные качинцы, кызыльцы, койбалы, бельтиры, сагайцы.

Исторические, социально-экономические, этнические и природные условия, в которых происходят конкретные процессы межэтнической консолидации, как правило, неодинаковы. Потому и темпы этих процессов, их архитекtonика и масштабы также различны. Скорость консолидации зависит от уровня социально-экономического развития населения и интенсивности хозяйственных связей между его отдельными частями, характера их расселения, политического статуса страны, степени сложности этнической структуры, близости языка, культуры, религии и расы сливающихся групп, наличия или отсутствия литературного языка.

Что касается архитектоники межэтнической консолидации, то в одних случаях наиважнейшей стороной этого процесса может быть быстрое установление единства языка, в других случаях языковые различия сохраняются довольно долго, однако это компенсируется быстрым возникновением этносоциального единства и зачатков общего самосознания. Такой вариант характерен, например, для народов нага, языки которых пока еще сильно различаются между собой.

По своему масштабу процессы рассматриваемого типа могут быть подраз-

делены на макроконсолидацию, когда в единый этнос сливается население какой-нибудь крупной территории или даже всей страны, и микроконсолидацию, в которую вовлечено население небольшого района или отдельного острова.

ВНУТРИЭТНИЧЕСКАЯ КОНСОЛИДАЦИЯ

Процессы внутриэтнической консолидации в настоящее время широко распространены, причем они часты у этносов, весьма развитых в социально-экономическом отношении, и прежде всего у европейских. В ходе этого процесса стираются различия между территориальными группами конкретного народа. Во Франции, например, быстро нивелируются такие группы французской нации, как пикардийцы, нормандцы, пуатвинцы, овернцы, бургундцы, савойцы, провансальцы, гасконцы. На юге страны французский язык постепенно вытесняет пока еще широко распространенный в сельской местности окситанский, или провансальский, язык. В Италии все более сближаются между собой еще недавно существенно различавшиеся в культурном и диалектном отношении пьемонтцы, ломбардийцы, тосканцы, калабрийцы, сицилийцы. В Чехословакии стираются различия между чешским населением Чехии и Моравии, а также между такими этнографическими группами Моравии, как ляхи, гораки, ганаки и др.

Внутриконсолидационные процессы идут и у многих народов нашей страны. Такие этнографические группы русских, как поморы и кержаки, в послереволюционные годы быстро сблизились с основной массой исконно русского населения. Усиление гомогенности свойственно и другим советским народам. Например, заметно уменьшились культурные различия между разными локальными группами грузинского народа: кахетинами, картлийцами, месхами, джавахами, имеретинами, лечхумцами, рачинцами, гурийцами, тушинами, хевсурами, пшавами.

Однако процессы внутриэтнической консолидации наблюдаются и среди некоторых народов развивающихся стран. В Саудовской Аравии и ряде других арабских стран, хотя и продолжают сохраняться разные племена, однако культурно-бытовые и диалектные различия между ними неуклонно сглаживаются. Происходит внутриэтническое сближение и у народов Индии, в частности у маратхов, гуджаратцев, в Африке — у малагасийцев, сомалийцев и некоторых других народов.

ЭТНИЧЕСКАЯ АССИМИЛЯЦИЯ

Другой тип этнического объединения — ассимиляция. Она заключается в растворении самостоятельного этноса или какой-то его части в среде другого, обычно более крупного народа. Для ассимилируемого этноса ассимиляция — процесс этнотрансформационный; для ассимилирующего — этноэволюционный. Различаются два вида ассимиляций: естественная и насильственная. Первая из них, как отмечал В. И. Ленин, имеет прогрессивное значение². Она происходит при непосредственном общении разнородных этнических групп населения и обусловлена потребностями упорочения их общей социальной, хозяйственной и культурной жизни. Часто ассимиляцию такого рода сопровождают смешанные браки. Совершенно иной характер имеет насильственная ассимиляция, при которой органы власти предпринимают специальные меры, направленные на достижение этнической однородности. К таким мерам, в частности, относятся ограничение или полное запрещение употребления языков национальных меньшинств, дискриминация традиционной культуры малых народов, давление на самосознание.

Этническая ассимиляция наиболее характерна для экономически развитых стран, и прежде всего для стран, где много иммигрантов и их потомков (США, Канада, Австралия, Новая Зеландия). В США и некоторых других капиталистических странах этническая ассимиляция имеет в значительной мере насильственный характер, так как быстрая американизация — неперемнное условие успешной адаптации переселенца.

В капиталистических странах Европы ассимилируются как иммигранты (их число в последние годы сильно возросло), так и национальные меньшинства. Например, саами, проживающие в северных районах Финляндии, Швеции и Норвегии, сливаются с коренными жителями этих стран. В Великобритании англичане постепенно растворяют в своей среде уэльсцев (валлийцев), а основные этносы Нидерландов, ФРГ и Дании — живущих по побережью Северного моря фризов, причем в Дании этот процесс уже завершен. Во Франции ассимиляция зашла настолько далеко, что многие исследователи этой страны считают живущих в периферийных

районах бретонцев, фламандцев, эльзасцев, корсиканцев и каталонцев этнографическими группами французского народа. В Италии ассимиляция подвергаются немецкоязычные южные тирольцы, говорящие на ретороманских диалектах фриулы и ладины, а также хорваты и словенцы, албанцы и греки, французы из области Валь-д'Аоста и каталонцы из г. Альгеро на о. Сардиния. В Швейцарии ретороманское население постепенно сливается с германоязычными швейцарцами.

Примерами естественной ассимиляции могут служить процессы, происходящие с некоторыми небольшими этническими группами в социалистических странах. В Польше говорящие на особом западнославянском языке кашубы в значительной мере перешли на польский язык и уже фактически влились в состав близкородственного польского народа. В Югославии крупные славяноязычные этносы постепенно растворяют в своей среде романоязычных аромун и истро-румын.

В СССР подобными же процессами охвачены прежде всего этносы, частично живущие за пределами своих республик и областей, территориально смешанные с другими более крупными народами (часть мордвы, карелов и др.), а также национальные группы, для которых характерно дисперсное расселение (поляки, евреи и т. д.). Основной канал ассимиляционного процесса в Советском Союзе — межэтнические браки, хотя в ограниченных масштабах имеет место и внесемейная ассимиляция. Ассимиляция в СССР носит всегда только естественный характер.

Ассимиляционные процессы идут и в развивающихся странах, хотя в целом для них они не очень характерны. Приведем несколько примеров. Ория в Индии уже давно ассимилируют расселенные среди них группы народов мунда, гондов и кандхов. В свою очередь, живущие в пограничных районах с Западной Бенгалией ория сами ассимилируются бенгальцами. Гонды, занимающие равнинные районы Центральной Индии, постепенно растворяются среди обитающих по соседству хиндустанцев, маратхов, телугу, а бхилы, живущие среди гуджаратцев и маратхов, ассимилируются своими соседями. В Бангладеш восточные бенгальцы, составляющие 98 % всего населения страны, ассимилируют малые народы, живущие в некоторых районах. В Бирме древний народ моны в настоящее время быстро сли-

² Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 24, с. 125, 127.

вается с бирманцами. В Марокко, Алжире и других странах Северной Африки берберское население постепенно вливается в состав преобладающих здесь по численности арабов. В Эфиопии ряд племен агау ассимилируется более крупными народами амхара, тиграи и тигре. В Нигерии крупнейший народ страны — хауса растворяется в своей среде менее значительные этносы: ангас, баде, бура, мандара, так называемых горных джерава и др. В том же африканском государстве тив ассимилируют экон и боки, а биром — рон, атака и гвандара.

В различных регионах мира такого рода процессы идут с разной интенсивностью. Их скорость зависит от того или иного сочетания целого ряда факторов: численности ассимилируемой группы, характера ее расселения, времени пребывания в ассимилируемой среде, рода занятий ассимилируемой группы и ее хозяйственных связей с основным населением территории, социально-правового и семейного положения ассимилируемых, частоты вступления в смешанные браки. Влияют на интенсивность процесса наличие или отсутствие контактов с родиной, отношение к ассимилируемой группе окружающей этнической среды, близость ассимилируемых и ассимилирующих по языку, культуре, религии, расе. Важную роль играют и соотношение уровней культуры ассимилируемого меньшинства и ассимилирующего большинства, уровень развития этнического самосознания и т. д. Многие из этих факторов порой так тесно переплетены друг с другом, что расчленить их невозможно.

Среди них особенно большое значение имеет языковая и этнокультурная близость участвующих в ассимиляционном процессе сторон. Одно дело, когда те и другие говорят на близких языках или даже на диалектах одного и того же языка, другое — когда языки вступающих в контакт лиц далеки друг от друга. Первый подтип ассимиляционного процесса кое в чем приближается к процессу межэтнической консолидации; и порой бывает нелегко решить, с каким процессом мы имеем дело — с ассимиляционным или консолидационным. Например, отмеченный выше процесс растворения кашубов в близкой к ним этнической среде поляков может быть истолкован и как консолидационный процесс.

Также трудно отнести безоговорочно к ассимиляции или консолидации этнический процесс, происходящий сейчас в Да-

гестанской АССР, где с аварцами сближается ряд родственных им мелких этнических групп, а, возможно, и этносов, поскольку все они говорят на самостоятельных языках. Это андийцы, ботлихцы, годоберинцы, каратинцы, ахвахцы, кванадинцы (багулалы), чамалалы, тиндалы, цезы (дидойцы), хваршинцы, бежитинцы (капучинцы), гинухцы, гунзебцы.

К первому подтипу ассимиляции следует отнести и растворение среди англо-австралийцев, англоновозеландцев, англоканадцев и американцев США мигрировавших недавно в Австралию, Новую Зеландию, Канаду и США англичан, шотландцев, ирландцев и их потомков. Ассимиляция же итальянцев или греков в тех же странах относится ко второму подтипу.

МЕЖЭТНИЧЕСКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ И ЭТНОГЕНЕТИЧЕСКАЯ МИКСАЦИЯ

Под межэтнической интеграцией понимается взаимодействие внутри государства нескольких существенно различающихся по языку и культуре этносов, которое приводит к появлению у них ряда общих черт. В результате этого процесса образуются не нации (как в процессе межэтнической консолидации), а межэтнические или метаэтнические³ общности, которые лишь в перспективе могут слиться в единый народ. Таким образом, межэтническая интеграция — этноэволюционный процесс.

Межэтническая интеграция наиболее свойственна для развивающихся стран Азии и Африки с их сложной структурой населения. В рамках некоторых азиатских государств (Индии, Пакистана, Индонезии и др.) формируются многомиллионные метаэтнические общности. В Африке межэтническая интеграция особенно характерна для Сенегала, Гвинеи, Мали, Буркина Фасо, Нигера, Ганы, этносы которых сильно отличаются друг от друга по языку и культуре. Идут процессы межэтнической интеграции в ряде стран Латинской Америки и Океании. Возникающие при этом общности носят не только государственно-политический, но и этнокультурный, метаэтнический характер.

Межэтническая интеграция наблюдается и в некоторых социалистических

³ Метаэтнической общностью называется группа этносов, которая обладает элементами общего самосознания, основанными на этногенетической близости или на длительном хозяйственном и культурном взаимодействии, а иногда и на политических связях.

странах, таких как Югославия и Чехословакия. Формирующиеся в них метаэтнические общности отличаются особой монолитностью, что обусловлено спецификой общественного строя и общественных отношений в этих странах. В СССР в процессы такой интеграции вовлечены все советские народы, при этом в межэтнических отношениях утверждаются интернационалистские нормы. Сильнее всего интеграционный процесс обнаруживает себя в сфере материальной культуры, хотя в определенной мере им затронуты также духовная культура и быт. Русский язык становится языком межнационального общения.

Межэтническая интеграция в нашей стране происходит на базе развития новой социальной и интернациональной общности людей — советского народа, объединяющего все этносы СССР. Знаменательно, что этот социальный организм имеет не только общую государственность и единое народное хозяйство, но и сходные культурные черты, общие ценностные установки.

Сравнительно недавно в качестве самостоятельного типа этнообъединительного процесса была выделена этногенетическая миксация. Чем этот тип отличается от межэтнической консолидации? При консолидации новый этнос возникает путем слияния нескольких родственных народов, близких по языку и культуре. А при этногенетической миксации новый этнос образуется в результате слияния народов, не связанных родством. Таким образом, миксация представляет собой продолжение процесса межэтнической интеграции, но в отличие от нее является не этноэволюционным, а трансформационным процессом.

Многие современные народы мира образовались в процессе этногенетической миксации, сравнительно недавно таким именно образом возникло большинство латиноамериканских народов. Правда, нужно отметить, что в Латинской Америке миксация, сопровождающаяся расовым смешением, не завершена до сих пор.

ЭТНИЧЕСКАЯ ПАРЦИАЦИЯ И СЕПАРАЦИЯ

Процессы этнического разделения, весьма характерные для ранних этапов человеческой истории, сейчас встречаются сравнительно редко. Не так давно было предложено выделять среди них два основ-

ных типа: этническую парциацию и этническую сепарацию.

Этническая парциация заключается в делении единого прежде этноса на несколько более или менее равных частей, причем ни один из новых этносов не отождествляет себя полностью со старым этносом. Процесс этот является этнотрансформационным, и в определенном смысле он — антипод межэтнической консолидации.

Если в первобытную эпоху основной причиной этнической парциации был численный рост племен при одновременном истощении природных ресурсов, что обуславливало необходимость территориального разрыва между отдельными частями племен, то в более поздние эпохи парциация чаще всего вызывалась расчленением разных — сопоставимых в количественном отношении — частей этноса государственной границей. Например, в результате рассечения территории некогда единого древнерусского народа государственными границами из него выделились три близких между собой по языку и культуре, но вполне самостоятельных этноса: русские, украинцы и белорусы.

Политическое обособление привело к появлению различных арабских народов. В настоящее время в южноазиатском регионе можно наблюдать начальную стадию формирования на месте единого прежде бенгальского народа двух новых наций — восточных бенгальцев (бенгальцев) и западных бенгальцев.

Другой тип этнического разделения — этническая сепарация — состоит в отделении от какого-то народа его сравнительно небольшой части, со временем превращающейся в новый самостоятельный этнос. Таким образом, этническая сепарация этнотрансформационна только для той части исходного этноса, которая обособляется в отдельный народ. Для основной же части этноса этот процесс не ведет к изменению этнического самосознания, т. е. он этноэволюционен.

Этническая сепарация может быть вызвана разными причинами: переселением какой-нибудь группы исходного этноса, политико-государственным обособлением небольшой части народа, наконец, религиозным обособлением этнической группы.

При переселении за рубеж определенной группы этноса она обязательно должна образовать в месте своего нового обитания компактный массив, обособленный от местного населения. В против-

ном случае ей трудно избежать растворения среди исконных жителей этой страны.

В истории зафиксированы многочисленные случаи этнической сепарации в результате подобных переселений. Приведем несколько примеров такого рода. Основной этнос небольшого островного государства Мальдивской Республики — мальдивцы — происходят от потомков небольшой группы сингалов, мигрировавших с о. Шри-Ланка на Мальдивские о-ва в III—I вв. до н. э.

Полинезийские народы образовались в результате следовавших на протяжении многих веков этнических сепараций, обусловленных переселением небольших полинезийских групп с одного архипелага на другой. Исландцы в основном ведут свое происхождение от группы норвежских мигрантов, переселившихся на необитаемую Исландию в IX—X вв. Такова же и история фарерцев — жителей Фарерских о-вов. Франкоканадцы являются потомками маленькой группы французских колонистов численностью около 10 тыс. человек, обосновавшихся в некоторых районах современной Канады (в ту пору являвшейся французским владением) в XVII — первой половине XVIII вв.

Примером этнической сепарации, возникшей в результате политического отчленения части этнического массива, может служить отделение валлонов от французов, эльзасцев от немцев, корсиканцев от итальянцев.

Конфессиональные (религиозные) различия привели к тому, что в Эфиопии харари, будучи мусульманами-суннитами, обособились от амхара, исповедующих христианство, а в Бирме араканцы — мусульмане-сунниты, отделились от бирманцев — буддистов-хинаянистов.

Как видим, этническое развитие населения происходит в самых различных формах. Не следует, однако, думать, что для каждого конкретного этнического массива обязательно специфичен лишь один из типов этнических процессов. В ряде случаев в одной и той же группе населения могут одновременно протекать процессы разнонаправленные (например, сепарация и ассимиляция) и однонаправленные, но разных типов (скажем, межэтническая консолидация и ассимиляция) или даже одного и того же типа, но разного масштаба (макро- и микроконсолидация). В таких случаях происходит сложное наложение процессов друг на друга.

Приведем примеры одновременного протекания разных этнических процессов среди одного и того же населения. Так, крупнейшая группа белого населения Южно-Африканской Республики — африканеры (буры) сформировались в результате этнической сепарации голландских переселенцев XVII в. от основной части голландцев и ассимиляции этими переселенцами небольших групп французов, немцев и некоторых других этнических групп. Костариканская нация образовалась вследствие этнической сепарации от населения метрополии мигрировавших в XVI—XVII вв. в Центральную Америку испанцев, которые ассимилировали немногочисленные группы аборигенного и неаборигенного происхождения. Формирование французской нации в результате консолидации северофранцузской и провансальской народностей сопровождалось постепенной ассимиляцией ею ряда живущих в периферийных районах страны этнических общностей.

Сложное переплетение разных этнических процессов происходит в настоящее время в Швейцарии. С одной стороны, в рамках всей страны идет процесс межэтнической интеграции четырех основных этнических компонентов: германошвейцарцев, франкошвейцарцев, италошвейцарцев и ретороманцев. С другой стороны, происходит внутриаэтническая консолидация германошвейцарцев и франкошвейцарцев за счет нивелирования различий между их кантональными группами. Наконец, многочисленные иммигрантские группы (итальянцы, немцы, испанцы и др.) подвергаются частичной ассимиляции теми этническими общностями, среди которых они расселены (процесс этот сильно лимитируется неравноправным положением иммигрантов: им не предоставляется швейцарское гражданство, они не имеют права привозить с собой своих детей и т. д.). Тенденцию к ассимиляции (германошвейцарцами) обнаруживает и ретороманское население страны.

Сосуществование внутри одного массива населения этнических процессов одного типа, но разного таксономического ранга характерно для некоторых развивающихся стран. Например, в Океании — на Соломоновых о-вах и в Вануату — одновременно происходит и сплочение этнических групп в пределах отдельных крупных островов (микроконсолидация) и сближение населения в рамках всей страны (макроконсолидация).

Подчеркнем также, что этнические

процессы теснейшим образом переплетаются с другими социальными процессами. Так, этнообъединительные процессы сочетаются с наблюдаемой во всем мире тенденцией к интернационализации хозяйственной жизни, одной из форм которой является экономическая интеграция. Последняя обусловлена объективными потребностями развития производительных сил, тесного взаимодействия национальной экономики отдельных государств, переплетения их производственных процессов. Необходимо вместе с тем помнить, что в разных социально-экономических условиях экономическая интеграция приобретает различные формы со свойственными им специфическими чертами. Можно говорить, например, об экономической интеграции социалистической и экономической интеграции капиталистической.

Стоит учитывать и то, что в отношениях между капиталистическими странами действует не только интегрирующая тенденция, но и тенденция противоборства, противопоставления друг другу.

Для оценки условий, в которых протекают современные экономические процессы, нужно принимать во внимание и такую тенденцию, как пробуждение национального самосознания и национальных движений, на которую в свое время указал В. И. Ленин⁴. Эта тенденция, сочетающаяся с тенденцией к интернационализации, приобрела особый размах после второй мировой войны; и благодаря создавшимся политическим условиям, и прежде всего существованию мировой социалистической системы, подавляющее большинство колониальных стран смогло добиться политической независимости — сейчас доля колоний в населении мира не достигает 1 %. Ликвидация колониальной системы оказала огромное влияние на течение этнических процессов в странах Азии, Африки и некоторых других регионов мира.

ЭТНИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

Учет всех этнических процессов, их взаимодействия друг с другом и с прочими социальными процессами важен, в частности, тем, что дает возможность не только правильно оценить современную этническую ситуацию, но и экстраполировать ее в будущее, т. е. определить перспективы этнического развития. Это уже относится к области прогнозирования, и хотя методология его в этнографической

науке пока еще не разработана, выскажем здесь несколько предварительных соображений.

Прежде всего попытаемся ответить на вопрос, что следует понимать под прогнозированием этнических процессов и каковы его важнейшие аспекты. Основной задачей такого прогнозирования, на наш взгляд, является наметка возможных будущих изменений в этносах. К числу таких изменений могут быть отнесены, во-первых, перемены культурно-бытовых параметров этносов без нарушения их качественной определенности; во-вторых, качественные превращения этносов: трансформация этнического самосознания, слияние нескольких этносов в один или, наоборот, разделение одного этноса на несколько самостоятельных и т. д. Первый из отмеченных аспектов прогнозирования можно назвать этноэволюционным, второй — этнотрансформационным.

У читателя могут возникнуть резонные вопросы. Есть ли вообще какая-либо практическая потребность в прогнозировании этнических процессов? Достаточно ли научно такое прогнозирование, и не будет ли оно своего рода «гаданием на кофейной гуще»?

На первый вопрос ответить несложно. Хорошо известно, что в жизни социалистических государств велика роль планового начала. К планированию разных сторон своей жизни все чаще прибегают и развивающиеся государства. Попытки планирования, правда, не совсем удачные, делаются даже в отдельных капиталистических странах. Однако совершенно очевидно, что серьезное, построенное на строгом научном фундаменте планирование должно охватывать все аспекты жизни государства: экономику, социальное и культурное развитие, регулирование национальных отношений и т. д. Планирование же в области культуры, а также определение политики по национальному вопросу могут иметь научный характер лишь в том случае, если они будут учитывать и данные прогнозирования этнических процессов.

Труднее ответить на второй вопрос. Положительный опыт работы в области этнического прогнозирования пока еще очень мал. Однако мы знаем, что в ряде научных дисциплин (в том числе и общественных) все большее значение приобретают прогностические операции, и последнее дает основание надеяться, что прогнозирование этнических процессов со временем может быть поставлено на строго научные рельсы.

⁴ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 24, с. 124.

Подземные льды

П. Ф. Швецов, Б. И. Втюрин



Петр Филимонович Швецов, член-корреспондент АН СССР, заведующий лабораторией Института литосферы АН СССР. Автор большого числа работ по геокриологии, гидрогеологии и инженерной геологии. В последние годы занимается проблемой комплексного освоения недр. В «Природе» опубликовал статьи: Вечна ли «вечная» мерзлота? (1979, № 12); Под землю, чтобы сберечь Землю (1981, № 10). Лауреат Государственной премии СССР.



Борис Иванович Втюрин, доктор географических наук, профессор, старший научный сотрудник Института географии АН СССР. Специалист по геокриологии и гляциологии. Автор ряда монографий, в том числе: Криогенное строение четвертичных отложений. М., 1964; Льдообразование в горных породах. М., 1970 (в соавторстве с Е. А. Втюриной); Подземные льды СССР. М., 1975. В «Природе» опубликовал статью: Изучение ледяных берегов и айсбергов в Антарктиде (1958, № 4).

Всякий лед, находящийся под поверхностью земли, специалисты по геокриологии и гляциологии называют подземным. В эту категорию входят речные, озерные, морские, ледниковые и прочие льды, по той или иной причине попавшие с поверхности под землю. Но основную массу подземных льдов составляют так называемые внутригрунтовые льды, которые образовывались в самих породах. Общий объем подземных льдов превышает 0,3 млн км³.

Если учесть, что ледяные тела имеют самую разную форму и размеры (от микроскопических зерен в порах горных пород до огромных залежей толщиной в несколько десятков метров и площадью в несколько десятков километров), а время

формирования мерзлых толщ исчисляется десятками и даже сотнями тысяч лет, то можно представить себе, насколько сложно строение вечномерзлой, или, точнее, многолетнемерзлой, породы. Отсюда понятен также вывод, который давно уже сделали геокриологи и гляциологи: подземный лед — самая многообразная и сложная категория природных льдов.

К настоящему времени выяснены основные закономерности распространения различных типов подземного льда на территории нашей страны и на земном шаре в целом, установлены общие запасы подземного льда и отдельных его типов. Мы знаем, что каждая горная порода, переходя в мерзлое состояние, приобретает новые физические и физико-механические

свойства. Это значит, что инженерно-геологическая оценка одних и тех же пород будет различной в зависимости от того, талые они или нет.

В наши дни, при интенсивном хозяйственном освоении области вечной мерзлоты, знать это просто необходимо. Ведь давно уже не секрет, что слабое знание особенностей мерзлых пород может привести к серьезным строительным просчетам. О том, как криогенное строение пород сказывается на их инженерно-геологической оценке, мы поговорим особо. А пока подробнее остановимся на самих подземных льдах.

МЕРЗЛЫЕ ПОРОДЫ — КАТЕГОРИЯ СЛОЖНАЯ

Изучая мерзлую породу, мы можем расшифровать условия ее образования. Например, промерзающие грунты в умеренных и высоких широтах четко фиксируют регулярно происходящую здесь смену времени года.

Представим себе осень. В умеренных и высоких широтах выпадает довольно много осадков. Верхние слои горных пород увлажняются. Причем количество влаги зависит прежде всего от дисперсности породы: чем порода дисперснее, тем больше воды она способна удерживать. От величины частиц, образующих породу, зависит и способ удержания влаги. Трещиноватые и крупнооблочные породы содержат только свободную воду. В песках появляется и капиллярная вода, а относительное количество связанной воды (т. е. удерживаемой частицами породы у своей поверхности) все еще мало. Глинистые же породы содержат различные модификации связанной воды.

В природе, как правило, не встречается пород строго отсортированных по размеру частиц: обычно и пески, и крупнообломочные породы соединены с тем или иным количеством пылеватых и глинистых частиц. Вследствие этого подобные отложения могут содержать разные модификации воды.

Наступает зима. С началом промерзания пород каждая модификация воды в них ведет себя по-своему. В песках и крупнообломочных породах без пылеватых частиц свободная вода замерзает, а избыток ее отжимается. Процесс образования льда в таких породах относится к цементному типу, а лед определяется как «лед-цемент».

В данном случае мы имеем дело с

мерзлой породой, в которой нет различных глазом включений льда. И отношение к таким породам при строительстве инженерных сооружений должно быть предельно осторожным. Парадокс состоит в том, что на первый взгляд эти породы, обладающие массивным криогенным строением, представляются надежным основанием для инженерных сооружений. На деле же льдистость их (т. е. процентное содержание льда в породе) может оказаться очень высокой, что может привести к неблагоприятным и даже катастрофическим последствиям для объектов, возводимых в этих породах.

В тонкодисперсных породах: глинах, суглинках, супесях, а также в песках и крупнообломочных породах с пылевато-глинистой примесью формируется совершенно иной тип льда — сегрегационный. Он образуется за счет кристаллизации очень слабосвязанной воды. В этом случае формируются прослои и прожилки (шлыры) льда, толщина которых измеряется миллиметрами и сантиметрами, а длина может достигать нескольких метров. Если в подобных мерзлых породах содержится также капиллярная и свободная вода, то она принимает лишь косвенное участие в сегрегационном способе образования льда, играя роль резерва для переходящей в лед очень слабосвязанной воды.

Часть связанной воды, в особенности прочносвязанная, в том или ином количестве всегда присутствует в мерзлой породе в незамерзшем виде. Чем дисперсней мерзлая порода и чем ближе ее температура к 0°C , тем больше в ней незамерзшей связанной воды. Породы, содержащие включения сегрегационного льда, обладают шлировым криогенным строением.

Если мерзлая толща не содержит крупных залежей подземного льда, то ее строение можно считать простым. Но при определенных условиях сегрегационное льдообразование способно продолжаться в течение очень длительного времени. В этом случае мелкие шлыры могут разрастаться до качественно иных образований — крупных пластов подземного льда. Такие крупные включения льда очень сильно сказываются на инженерно-геологических характеристиках мерзлых пород. Их протавивание ведет к крупным просадкам грунта и деформациям сооружений, построенных на мерзлоте.

Пласты сегрегационного льда в прибрежно-морских, морских, ледниковых и других отложениях, имевших до промерзания водоносные горизонты, отмечены на

севере Западной и Средней Сибири, на Новосибирских о-вах и на низменных участках побережий Чукотки и Аляски. А это как раз те районы, где быстрыми темпами ведется освоение нефти, газа и других полезных ископаемых.

Поскольку процесс формирования крупных пластовых залежей сегрегационного льда очень длителен, для его протекания необходимо столь же длительное сохранение относительного равновесия между интенсивностью охлаждения и интенсивностью продвижения воды к фронту ее кристаллизации. Данное условие соблюдается лишь на определенной глубине. И по этой причине все крупные пластовые залежи подземного льда встречаются не менее чем в 3 м от поверхности.

Высокая терраса одной из сибирских рек. В слагающих такие террасы породах содержится большое количество подземного льда, при его вытаивании они легко разрушаются.

Сходные по размерам, а иногда и по своему строению, пластовые залежи подземного льда могут образоваться и другим способом, например путем захоронения ледникового льда или путем так называемого инъекционного льдообразования. Однако значение этих типов льда в криогенном строении пород и в общей оценке запасов подземных льдов на Земле существенно ниже, чем сегрегационных.

Итак, увлажненные дисперсные породы при промерзании существенно меняют свое строение, облик и свойства. Лыдность таких пород только за счет образования первичного внутригрунтового льда может достигать 50 % и более. Но в дальнейшем лыдность и строение мерзлых толщ могут изменяться и за счет образования в них вторичного внутригрунтового льда. Как это происходит?

Представим себе разгар зимы. Слой сезонно-талых пород промерз, и теперь на большую глубину прослеживается единая толща сцементированных льдом мерзлых пород. В ноябре — декабре резкие пе-



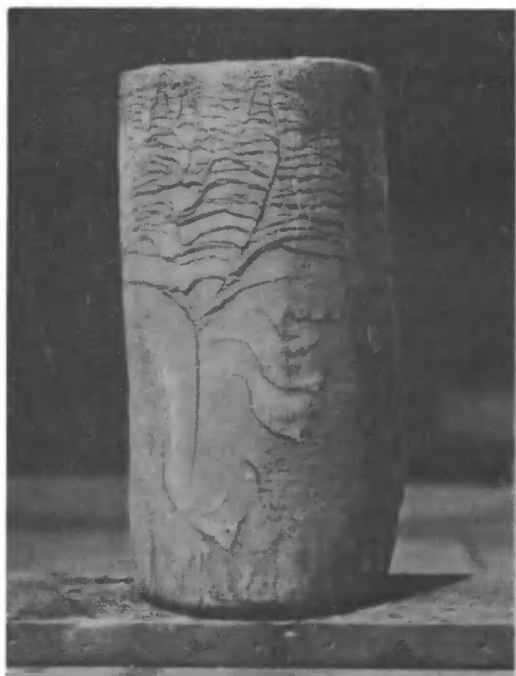


Заболоченная поверхность в бассейне р. Пясинь. Такой своеобразный рельеф образуется при морозном растрескивании пород и рсте в них ледяных жил.

репады температуры на поверхности приводят к растрескиванию этой монолитной толщи. Трещины проникают на глубину 4—6 м. Зимой в них попадает снег, а весной — талая снеговая или половодная вода, которая тут же замерзает и образует жилы льда в уже мерзлой породе. Процесс морозного растрескивания и образования ледяных жил может многократно повторяться в течение сотен и тысяч лет. Если к тому же на поверхности накапли-

ваются рыхлые отложения и вслед за этим кровля слоя вечной мерзлоты смещается кверху, то образуются крупные повторные ледяные жилы. Высота их может достигать 50 м, а ширина — 5 м.

В настоящее время мы достаточно хорошо знаем закономерности распространения таких повторно-жилых льдов. Для территории нашей страны составлены соответствующие карты и подсчитаны примерные запасы этого льда (около 1 тыс. км³). Следует отметить, что в области вечной мерзлоты повторные ледяные жилы распространены неравномерно. Связано это прежде всего с климатическими особенностями и со свойствами пород, определяющими возможность их морозного растрескивания, и в меньшей степени — с ус-



Образец насыщенного водой суглинки, замороженный сверху в специальном приборе. При этом вода подтягивается из нижней части образца к фронту заморозания и образует ледяные прослойки (шлиры).

ловиями обводнения поверхности при заполнении трещин льдом.

Оптимальные условия для формирования повторных ледяных жил сложились на аккумулятивных равнинах севера Евразии и Северной Америки 18—20 тыс. лет назад — в последнюю ледниковую эпоху. От этого времени сохранились грандиозные обнажения льда в обрывах северных морей и по берегам рек и озер. Повторно-жилые льды составляют здесь 30—40 % объема мерзлой породы, а общее содержание всех видов подземного льда может достигать 80—90 %.

В современных условиях рост ледяных жил наблюдается лишь в тех районах, где температура мерзлых пород на глубине 10—15 м не выше минус 3°C. Это северные районы Западной и Средней Сибири, Якутии и Чукотки, горные районы Забайкалья.

Повторно-жилые льды выглядят очень эффектно и запоминаются надолго. Однако не следует забывать, что в строении мерзлых толщ они играют второ-

степенную роль, как, впрочем, и все другие виды внутригрунтовых льдов. Ведущая роль и основные запасы приходится на долю первичных внутригрунтовых льдов. Ориентировочные запасы их только на территории СССР составляют около 15 тыс. км³.

Представим теперь, что на смену зиме приходит весна, а затем короткое северное лето. Весной, когда начинает таять снег, талая вода проникает в полости породы и замерзает в них. В этом случае очень льдистой может стать такая порода, которая к моменту промерзания совсем не содержала воды. Кроме того, по глубоким трещинам талая вода проникнет на разную глубину и замерзнет там, образовав как многолетние (на глубине более 3—5 м), так и сезонные ледяные включения. Летом же часть льда протаивает. Причем в грубозернистых породах протаивание достигает глубины 3—5 м, а в тонкозернистых — всего 0,5—1 м. Какая-то часть талой воды остается в грунте, а большая часть пополняет запасы пресных вод в местных ручьях, реках и озерах.

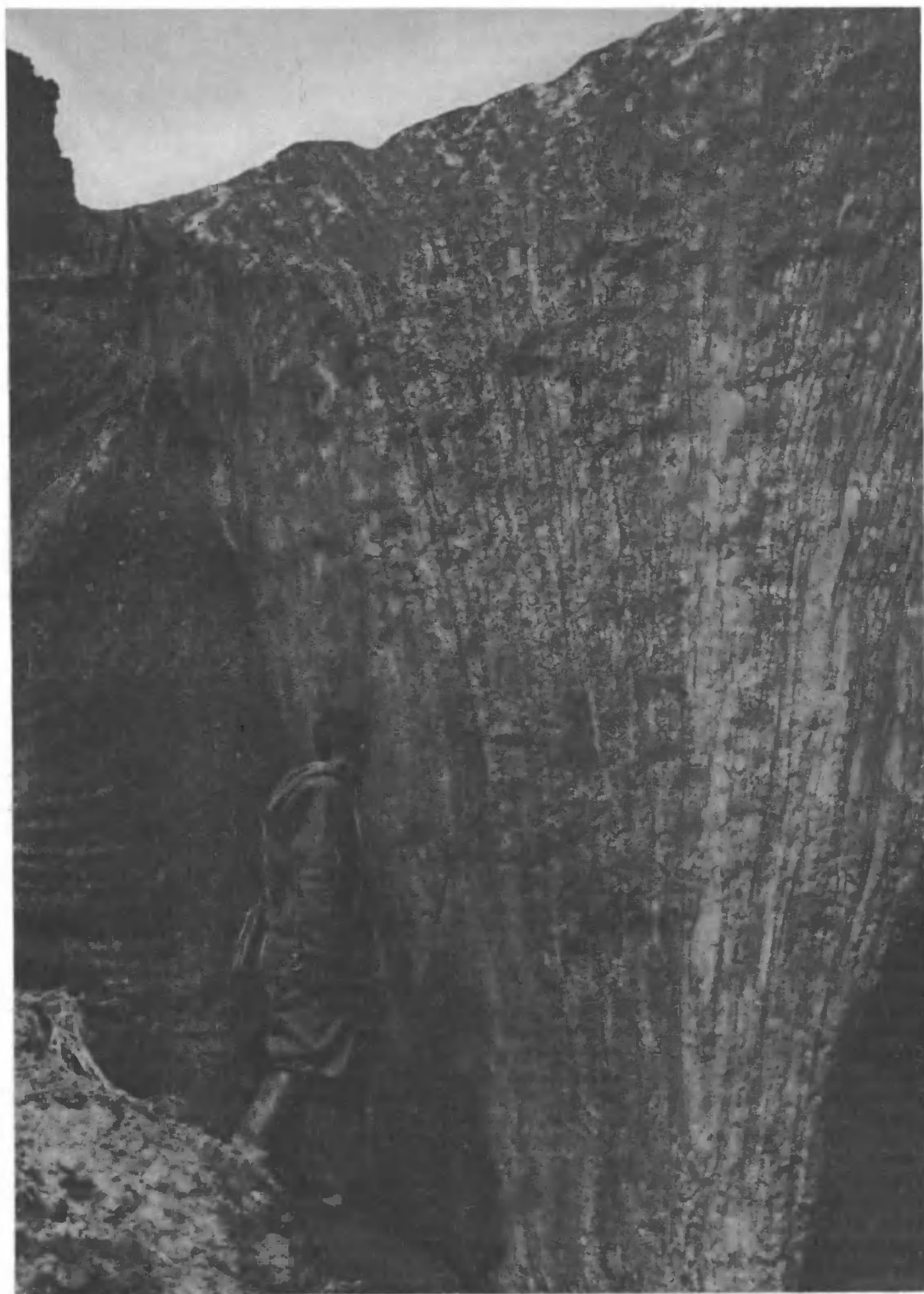
Таким образом, следует различать верхний, сезоннопротаивающий слой пород и многолетнемерзлый, остающийся скованным льдом на протяжении многих и многих лет. Именно этот многолетнемерзлый слой и представляет собой предмет особого внимания инженеров и строителей, осваивающих северные широты.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕРЗЛЫХ ТОЛЩ

В пособия по строительству на мерзлых грунтах давно и прочно вошли два следующих суждения. Во-первых, лед придает грунту повышенную сопротивляемость внешним воздействиям, что обусловлено его цементирующей способностью. Во-вторых, чем ниже среднегодовая температура льдистого грунта, тем он устойчивее к внешним воздействиям. Отсюда самым естественным образом следует вывод о большей устойчивости мерзлых пород на Крайнем Севере по сравнению с теми районами области вечной мерзлоты, что находится южнее.

Однако долгие годы работы в области вечной мерзлоты убедили нас, что все

Крупные ледяные жилы в обрывах одной из северных рек. Жильный лед составляет до 40 % объема пород в речных террасах на Севере. Жилы проникают до глубин 40—50 м.





обстоит не так просто. Дело в том, что очевидные на первый взгляд суждения, которые приведены выше, основаны главным образом на результатах лабораторных исследований. Цель этих исследований — выяснить последствия внешних механических воздействий на мерзлые породы и определить, как их способность сопротивляться сжатию, сдвигу и растяжению зависит от температуры и льдистости пород. При этом температура задавалась произвольно, а в число внешних факторов, воздействующих на породу, не входил приток тепла извне — учитывался только его сток. Кроме того, при определении влияния температурных изменений на свойства мерзлого грунта не принималось во внимание, что лед и связанные грунтовые воды

имеют совершенно разные термодинамические характеристики.

В действительности сильно льдистые и низкотемпературные вечномёрзлые породы оказываются наиболее неустойчивыми и ненадежными основаниями сооружений. Происходит это потому, что естественные и техногенные потоки тепла, поступающие в почвенно-грунтовый комплекс, тем плотнее, чем больше льдистость породы и ниже ее температура. С увеличением льдистости почвенно-грунтового комплекса и понижением его температуры растет температурный градиент, а на протяжении весенне-летнего сезона растет плотность нисходящего потока тепла. И все это при одинаковом коэффициенте теплопроводности почвенно-грунтового комп-



лекса. Например, суммарный весенне-летний поток тепла в суглинистый почвенно-грунтовой комплекс в Якутской Субарктике на 5—6 тыс. ккал/м² больше, чем на расположенной значительно южнее линии БАМа. К сожалению, почти 3/4 этого огромного теплоприхода затрачиваются на таяние подземного льда и по существу бесполезны для почвы и растительного покрова.

Заметим кстати, что относительно бы-



Долина реки, расположенной в лесотундре. Терраса реки покрыта бугристыми торфяниками. Образование таких бугров связано с вытаиванием жильных льдов.



Пластовая залежь внутригрунтового льда в прибрежно-морских отложениях на севере Западной Сибири. Толщина пласта более 5 м, расположена залежь на глубине около 10 м. Пласты внутригрунтового льда могут достигать толщины 40 м и более и занимать площадь в несколько квадратных километров.

Термокарстовый цирк, образовавшийся при вытаивании пласта внутригрунтового льда. На днище таких цирков образуются мощные грязевые потоки.



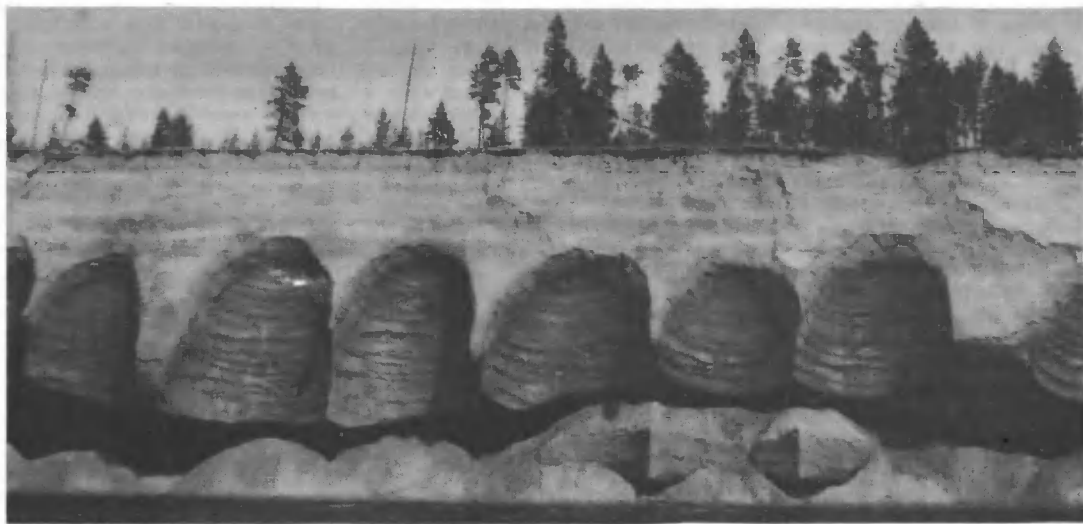
Ледяные жилы в районе р. Индигирки. Вытаивание таких жил приводит к образованию термокарстовых цирков, по форме отличающихся от цирков, возникающих при таянии пластовых залежей.



Экспериментальная площадка на левом берегу р. Индигирки, севернее Полярного круга. Здесь с поверхности удален дерн. Поскольку на небольшой глубине имеется решетка из ледяных жил, начинается просадка грунта. На фотографии — площадка на второй год после удаления дерна.

строму таянию льда способствует огромная, по сравнению со связанной пылевато-глинистыми частицами водой, свободная энергия ледяных кристаллов. Можно сказать, что лед в мерзлом пылеватом суглинке — наиболее распространенном в Субарктике приповерхностном образовании — «любит таять», а вода «не любит замерзать». Достаточен малый тепловой стимул (приток тепла извне), и часть льда, содержащегося в такой породе, растает.

Приведем результаты нашего опыта в натуре. В одном из районов Якутской Субарктики с абсолютно ровной площадки сняли дерн толщиной 12—15 см и стали наблюдать за происходящими изменениями. К концу второго весенне-летнего сезона поверхность площадки просела, поскольку растаяли ледяные жилы и частично протаял вечномерзлый суглинок, льдистость которого превышала 40 %. (Средняя льдистость всего массива пород с ледяными жилами была близка к 75 %.) Вследствие протаивания такого льдистого вечномерзлого грунта в течение двух весенне-летних сезонов образовались лужи такой



Фигуры вытаивания и обрушения льдистого песчаного берега р. Лены ниже Якутска. Первоначально порода представляла собой монолит, скрепленный большим количеством льда-цемента. Но достаточно какого-то внешнего воздействия (в данном случае воли от проходящих пароходов), чтобы лед начал таять и порода обрушивалась целыми блоками.

глубины, которая оказалась достаточной для начала необратимого процесса образования термокарста. Этому способствовало и потепление в течение трех весенне-летних сезонов, что наблюдается в Субарктике примерно 4—5 раз за 30 лет.

Так выглядит «устойчивость» льдистого и низкотемпературного почвенно-грунтового комплекса, если смотреть на него без предвзятых идей, которые и мы когда-то разделяли.

В те годы, когда мы только начинали геокриологические исследования на Северо-Востоке СССР, нам представлялось необъяснимым, почему льдистая вечномерзлая порода обнажается во многих местах, причем верхняя часть почвенно-грунтового комплекса разрушается даже на равнинных участках, которые, казалось бы, должны быть весьма устойчивыми к внешним воздействиям. Теперь мы можем утверждать, что способность мерзлых толщ обнажаться определяется их льдистостью: количество и разнообразие форм обнажений однотипных пород в одинаковых по морфологии долинах больше там, где

больше их льдистость. Это объясняется общей неустойчивостью льдистого почвенно-грунтового комплекса при неизбежных на протяжении большого отрезка времени (25—30 лет) изменениях условий теплообмена в нем, главным образом при изменении толщины сезонно-талого слоя. По этой причине вечная мерзлота способна обнажаться не только в подмываемых берегах, но и в пологих склонах.

И, наконец, еще об одном важном моменте в оценке инженерно-геологических свойств мерзлых пород. В современной практике, как мы уже отмечали, преобладают экспериментальные методы оценки реакции мерзлых пород на различные механические воздействия. Основаны они на лабораторном испытании образцов пород ограниченного объема. Но дает ли такой подход правильное представление о свойствах пород в массиве? Очевидно, нет. Можно получить искусственный образец с тем или иным расположением мелких ледяных тел, можно испытать разные образцы природного льда. Но все это еще не даст нам полного представления о свойствах большого массива мерзлых пород.

Отсюда следует, что сегодня, как и много лет назад, нам не обойтись без изучения мерзлых пород в естественных обнажениях. Никакие геофизические и лабораторные методы изучения состава строения и свойства мерзлых толщ не заменят того, что дают полевые наблюдения. Только разумное сочетание этих методов позволит нам правильно судить об особенностях мерзлых пород, делать верные инженерно-геологические оценки.



Носатая гадюка

А. Т. Божанский
С. В. Кудрявцев
Москва

В списках редких и находящихся под угрозой исчезновения животных нашей страны носатая гадюка (*Vipera ammodytes*) отнесена к категории «Редкие». В настоящее время в СССР эта гадюка встречается лишь в пределах двух хребтов Центральной Грузии — Месхетского и Триалетского. В 1840 г. носатая гадюка была найдена в Азербайджане в окрестностях Елизаветполя (ныне Кировабад), а в начале века существовало мнение, что она обитает в лесной части Талышских гор. Однако сейчас в этих местах гадюку обнаружить не удалось.

Носатая гадюка внесена также в списки «Красной книги МСОП», так как общий мировой ареал гадюки ограничен Средиземноморьем, хотя здесь она и широко распространена.

Свое название носатая гадюка получила за покрытый щитками вырост на кончике морды, число которых служит одним из таксономических признаков. В систематике вида еще много неясного, нет согласованности среди герпетологов в отношении числа подвидов: одни считают, что существует семь подвидов, другие объединяют всех известных к настоящему времени носатых гадюк в четыре подвида. Мы придерживаемся последней точки зрения. Объяснением столь разноречивых мнений в систематике гадюки может служить разорванность ареала и высокая степень изоляции природных популяций.

Носатая гадюка номинального подвида (*V. a. ammodytes*) обитает в северо-восточной Италии, на юге Австрии, в Югославии, юго-западной Румынии и северо-восточной Болгарии и достигает самых больших разме-



Отроги Триалетского хребта, где обитает носатая гадюка.

ров среди остальных подвидов: длина ее тела составляет около 110 см. Гадюки другого подвида — *V. a. meridionalis*, распространенного на юге Балканского п-ова, в Турции, северо-западной Сирии, Ливане, вдвое меньше: размер их тела не превышает 54 см. Ареал третьего подвида — *V. a. montandoni* — с длиной тела до 90 см, охватывает юго-восток Румынии и Болгарии, а в Грузии, северо-восточных районах Турции и, возможно, на северо-западе Ирана обитает закавказский подвид — *V. a. transcaucasiana* — гадюка средних размеров (длина тела около 75 см). Интересно, что на юге Австрии носатая гадюка встречается в одних местах с обыкновенной гадюкой и, судя по сообщению австрийского герпетолога Е. Сокурека (кстати, именно он нашел здесь носатую гадюку в 1974 г. и описал как самостоятельный подвид) дает с ней межвидовой гибрид.

Типичные места обитания носатой гадюки в нашей стра-

не — это хорошо прогреваемые каменистые южные и юго-восточные склоны, поросшие, кроме редкой травянистой растительности, дубом, сосной, грабом. Ее можно встретить также на осыпях и по долинам рек. Чаще всего она заселяет горные местности, возвышающиеся на 1000 м над ур. м., но по горным степям может подниматься до высоты 1700 м над ур. м.

Окраска носатой гадюки лишена ярких тонов, самки обычно окрашены в серый или серо-коричневый цвет, по спине проходит коричневый зигзаг, у светло-серых самцов зигзаг черный. Гадюки закавказского подвида отличаются от остальных рисунком на спине: вместо обычного зигзага по линии позвоночника у них проходит цепь равнобедренных треугольников, соприкасающихся между собой. Кончик хвоста у разных подвидов имеет лимонно-желтый или кораллово-красный цвет. Молодые гадюки окраской почти не отличаются от взрослых.

Питается носатая гадюка в основном мелкими млекопитающими (2/3 ее рациона составляют грызуны и насекомоядные), поедает также гнездя-

щихся на земле птиц и их птенцов, крупных ящериц — агам и зеленых ящериц. Только молодые гадюки охотятся на мелких ящериц и членистоногих — многоножек и насекомых. Гадюка ведет дневной образ жизни, при-

чем наиболее активна утром (с 7 до 9 часов) и во второй половине дня (с 15 до 18 часов). В пасмурную погоду, когда нет яркого солнца, бывает активной и в середине дня. Сезон активности начинается с конца мар-

та — начала апреля и длится до конца сентября. В мае змеи спариваются, в августе — сентябре самки рожают от 4 до 12 детенышей размером в 16,5—18,5 см. Как и многие другие виды гадюк, носатая гадюка размножается раз в два года.

В некоторых европейских странах носатую гадюку содержат в серпентариях для получения яда, который по действию близок к яду обыкновенной гадюки, но количество его у носатой гадюки больше, поскольку она сама крупнее обыкновенной. Носатая гадюка хорошо переносит условия неволи, прекрасно живет в террариумах, бывает обычно спокойной, лишь самцы во время спаривания проявляют агрессивность.

В Московском зоопарке начаты работы по разведению этого редкого вида рептилий — безусловно, ценное начинание, получившее признание у нас в стране лишь в самое последнее время. Для носатой гадюки разведение в неволе через некоторое время может оказаться единственной возможностью сохранить ее, поскольку ее ареал не превышает 25 тыс. км², а площадь реальных мест обитания еще меньше.

Охраняется она только на территории Боржомского заповедника, площадь которого составляет всего лишь 180 км², т. е. меньше 1 % площади ареала закавказского подвида у нас в стране. В заповеднике плотность гадюк составляет 2—3 экземпляра на гектаре, наибольшая численность и плотность их на Триалетском хребте по притокам р. Тана в Горийском районе (10—15 особей на га). Поскольку для носатой гадюки не опасны отгонный выпас, сенокосы и разработки леса, высокая численность в этом районе сохраняется. Однако резерв площадей, пригодных для обитания, мал, а современные биотопы заселены плотно. Поэтому любое усиление хозяйственной деятельности, особенно распашка склонов и их террасирование, может привести к резкому сокращению численности носатой гадюки. Чтобы избежать этого, целесообразно создать сеть охраняемых территорий (хотя бы в форме заказников) в Горийском и Боржомском районах Грузинской ССР.



Самец закавказского подвида носатой гадюки.

Самка закавказского подвида носатой гадюки.



Остановить продвижение пустынь!

Н. Г. Харин, Т. А. Бабаева



Николай Гаврилович Харин, член-корреспондент АН Туркменской ССР, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией аэрокосмических методов Института пустынь АН Туркменской ССР. Специалист в области биогеографии, охраны природы, картографирования экологических процессов в засушливых зонах. Автор ряда научных работ в этих областях исследования.



Тылла Агаджановна Бабаева, кандидат географических наук, старший преподаватель Туркменского государственного университета им. А. М. Горького. Разрабатывает методику составления карт с помощью применения космических снимков. Лауреат премии Ленинского комсомола (1984).

Более 600 млн жителей нашей планеты живет на территориях, где почти всегда не хватает влаги. Эти засушливые земли, получившие в специальной литературе название аридных, занимают более трети площади суши. К обычной нехватке воды здесь нередко прибавляются страшные засухи, приносящие неисчислимые бедствия населению. Так, в Судано-Сахельской зоне Африки в 1968—1977 гг. от голода и болезней, вызванных засухой, погибло около 250 тыс. человек, 2 млн кочевников лишились скота. В 1968 г. граница пустыни Сахара продвинулась на юг на 575 км, а за 1972—1978 гг. еще на 550 км.

Именно в 70-е годы нашего столетия проблема наступления пустынь при-

обрела наибольшую остроту и привлекла к себе пристальное внимание специалистов из разных стран мира. Однако следует признать, что проблема эта совсем не нова и ее возраст, пожалуй, равен возрасту человеческой цивилизации. В многоязычной научной литературе 70-х годов закрепился термин «опустынивание» (desertification, англ; désertification, франц.; Verwüstung, нем.). Хотя в трактовке этого термина имеются некоторые разногласия, можно сказать, что в целом под опустыниванием понимают процесс деградации аридных экосистем, сопровождающийся сокращением всех форм органической жизни и ведущий в конечном итоге к снижению их экономического потенциала. Другими сло-

вами, на территории, подвергающейся опустыниванию, снижается биологическая продуктивность в целом, происходит смена доминантов растительного покрова, уменьшается «урожайность» пастбищ, развивается водная и ветровая эрозия и т. п. Опустынивание может сопровождаться расширением границ пустыни или развивается в пределах какой-то замкнутой территории, где происходит усиление элементов пустынности, перечисленных выше.

В чем же причина наступления пустынь? Этот вопрос также вызывает много споров у специалистов, и часто назвать единственную причину опустынивания невозможно. Безусловно, естественные изменения климата, и в частности уменьшение количества осадков, нередко приводят к засухе. Однако и неразумная хозяйственная деятельность часто усиливает процессы деградации аридных ландшафтов. Так, уничтожение растительного покрова при строительстве и чрезмерном выпасе скота изменяет отражательную способность земной поверхности — ее альбедо, вызывая новые климатические колебания; нерациональное ведение хозяйства на окраинах пустынь может усилить ветровую и водную эрозию. Таким образом, антропогенное опустынивание становится все более ощутимым.

Общее, хотя и очень приближенное представление о размерах земель, подвергающихся опустыниванию в различных районах Земли, дает таблица, составленная нами на основе «Всемирной карты опустынивания», выпущенной ЮНЕСКО в 1977 г.

Наиболее высока опасность опустынивания в районах с большой плотностью населения, где, соответственно, наиболее велика нагрузка скота на пустынные пастбища.

Рассматривая антропогенное опустынивание, мы всегда обращаем внимание на чрезвычайно важный фактор — социально-экономические условия воздействия человека на природную среду. Характерно, что более всего страдают от наступления пустынь развивающиеся страны Африки и Азии, полностью не избавившиеся от политической и экономической зависимости со стороны развитых капиталистических стран. Поскольку процесс опустынивания может превратиться из региональной экологической проблемы в мировую (существует даже мнение, что только к 2000 г. площадь пустынь может увеличиться втрое), необходимы срочные меры по борьбе с опустыниванием.

Международная конференция ООН по проблемам опустынивания, состоявшаяся в Найроби в 1977 г., приняла план действий, включающий в себя разработку целого ряда научных и практических проблем, например методов рационального использования водных ресурсов аридных территорий, пустынных пастбищ, закрепления движущихся песков и т. п. Однако за прошедший с этого времени период ситуация не только не улучшилась, но даже ухудшилась. Деградация охватила не только пустынные и полупустынные области, но и степные. В начале 80-х годов засуха вновь обрушилась на страны Судано-Сахельской зоны. В 1984 г. от опустынива-

Территории, подвергающиеся опустыниванию

Континенты	Площади, подвергающиеся опустыниванию		Экстрааридные зоны*	
	тыс. км ²	% от общей площади	тыс. км ²	% от общей площади
Южная Америка	3 434	19	207	1
Северная и Центральная Америка	4 459	18,2	5 365	0,2
Африка	10 728	35,3	6 550,5	21,6
Азия	12 511	31,6	2 156	5,4
Австралия	6 356	82,5	—	—
Европа	947	9,1	—	—

* Экстрааридные зоны — так называемые климатические пустыни, где осадки и растительность почти отсутствуют.



ния пострадали 135 млн человек (по сравнению с 57 млн в 1977 г.). Бедствия и отчаяние людей невозможно выразить никакими цифрами.

В нашей стране с плановой социалистической экономикой последствия опустынивания не носят катастрофического характера, но и у нас ввиду объективных и субъективных причин они имеют место. Ведущая роль в разработке мероприятий по борьбе с опустыниванием принадлежит Институту пустынь АН Туркменской ССР.

АНТРОПОГЕННОЕ ОПУСТЫНИВАНИЕ ТУРКМЕНИИ

Площадь пустынь в нашей стране составляет около 2 млн км², и около 1/4 этой площади приходится на пустыни Туркмении, занимающие 90 % территории республики. Вот почему именно Туркмения

стала опытным полигоном для разработки методов борьбы с опустыниванием в СССР.

Климат Туркмении резко континентальный. Среднегодовая температура изменяется от 11—13 °С на севере до 15—19° на юго-востоке равнинной части республики. Среднемесячная температура июля составляет 27—30°, максимальные температуры достигают 48—50 °С. Вся территория республики относится к зоне недостаточного увлажнения. На северо-востоке выпадает 100 мм осадков в год, в Низменных Каракумах — около 150 мм, в предгорных районах до 250, а в горах более 250 мм в год.

Поскольку первый и совершенно необходимый шаг в борьбе с опустыниванием — выделение площадей, на которых идет деградация аридных экосистем, мы в течение ряда лет проводили такую «инвентаризацию» с помощью различных методов, и в том числе с помощью дешифрирования космических снимков туркменских

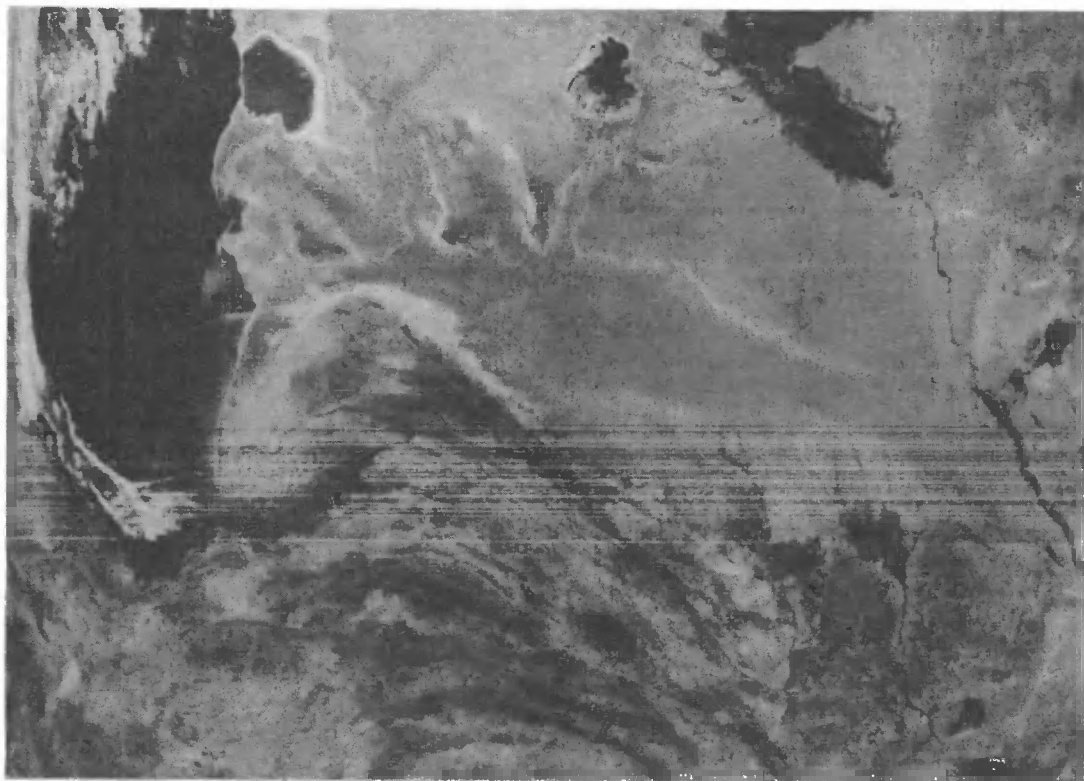


Техногенные пески, образовавшиеся при разработке газового месторождения.

Наступление пустыни на границе Ахал-Текинского оазиса.

Подвижные пески.





Общий вид пустынь Туркменистана на космическом снимке со спутника «Метеор» в зоне спектра 0,5—0,6 мкм. Апрель 1978 г.

пустынь. Была создана специальная методика, позволяющая выявить деградацию пустынной растительности и почв.

Почвы Туркмении сформировались в соответствии с климатическими особенностями, рельефом и свойствами подстилающих пород. В Каракумах обширные площади занимают примитивные песчаные почвы и пески, наиболее подверженные действию ветров. Более устойчивы светлые и темные сероземы горных районов, а также takyры и takyровидные почвы.

Растительность пустынь — естественная преграда на пути продвижения пустынь. В растительных сообществах песчаной пустыни, занимающей наибольшую площадь в республике, доминируют крупные кустарники — белый и черный саксаул, солянки, хвойник, многочисленные виды рода *Calligonum*, носящего местное название жизгун. Эфемерная растительность включает многочисленных представителей се-

мейств крестоцветных, бобовых, сложноцветных, злаков. К этим сообществам приурочены пастбища, пригодные для овец и верблюдов, которые можно использовать круглый год. В течение столетий крупные кустарники использовались местным населением на топливо, а травянистая растительность уничтожалась скотом. Поэтому здесь налицо все признаки опустынивания.

Лучше сохранилась растительность гипсовой пустыни, занимающей обширные площади в северо-западных районах республики. Здесь крупных кустарников нет, а доминируют низкорослые и более устойчивые к опустыниванию полукустарники — полынь, солянки и т. п.

В той или иной степени процессами опустынивания охвачены обширные площади глинистых пустынь с редким травянистым покровом из климакоптеры, солянки каспийской. Эти пустыни расположены в юго-западных, южных и северных районах.

При изучении опустынивания мы прежде всего определяли его тип. Под этим термином мы понимаем процесс, в котором более всего проявляется де-

градация аридных экосистем. Основные типы опустынивания — ухудшение растительного покрова, ветровая эрозия, водная эрозия, засоление орошаемых почв, техногенное опустынивание, возникающее при строительстве, транспортировке бурового оборудования и т. п. Далее определяется степень или класс опустынивания, т. е. отличие состояния среды от фонового уровня, например от состояния среды в длительно существующих заповедниках. Однако в настоящее время значительная часть территории республики уже подвергнута антропогенному воздействию, и поиски фона, «точки отсчета» степени опустынивания, представляют значительные трудности.

Количественную сторону процесса характеризуют темпы опустынивания. Если, например, продуктивность растительного покрова снизилась за 10 лет на 20 %, темпы опустынивания будут составлять 2 %. Очень важным показателем является внутренняя опасность опустынивания, которая определяется свойствами ландшафта. Например, при ветровой эрозии она будет сильной на песчаных почвах и слабой на почвах глинистого и суглинистого механического состава. Влияние животных на

природную среду оценивается по отношению фактического поголовья скота к потенциально возможному (расчетному).

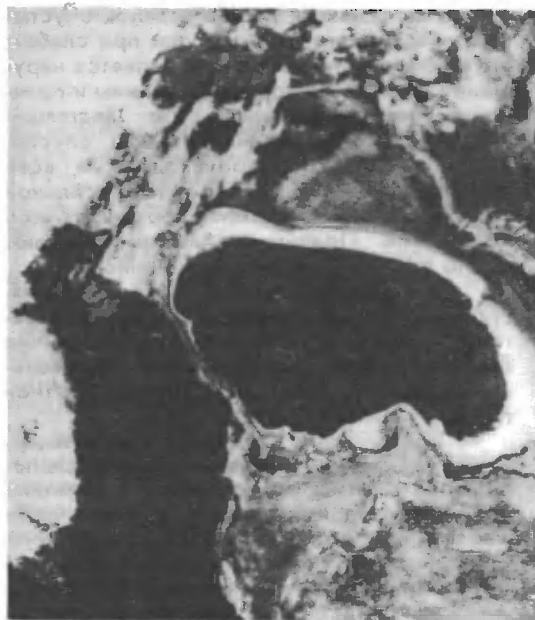
На основе использования космических снимков нами составлена карта-схема антропогенного опустынивания аридных территорий Туркменистана.

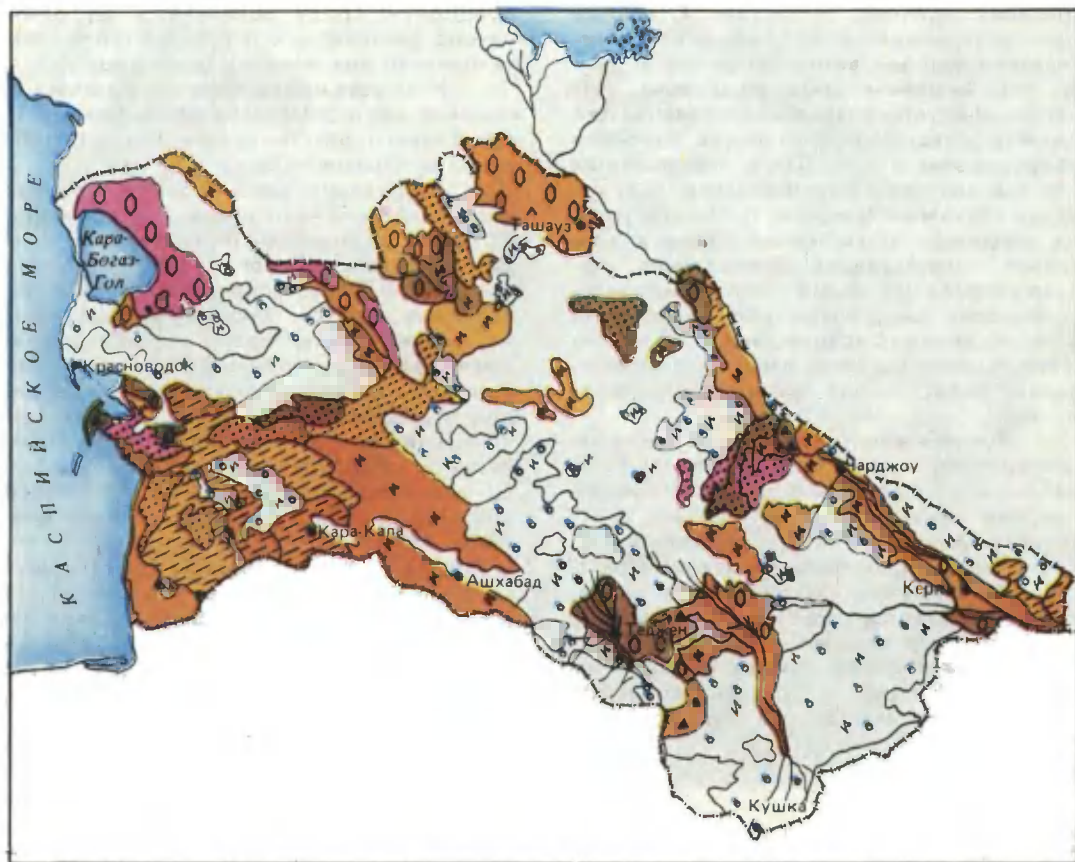
Деградация растительного покрова распространена на площади, составляющей 38 % общей площади республики. Причиной ее является вырубка растительности на топливо и выпас вокруг колодцев и населенных пунктов. Так называемые «пятна опустынивания» возле колодцев являются наследием прошлого. Они возникли еще столетия назад в результате концентрации отар овец на водопое. По космическим снимкам подсчитано число таких пятен и определен их размер. Только в Центральных Каракумах их оказалось более 200 со средним диаметром 1,32 км. Диаметр отдельных пятен превышает 3 км.

При слабой деградации растительного покрова видовой состав изменяется незначительно и урожай пастбищных растений снижается на 10 %, при умеренной — на 25 %. При сильном опустынивании происходит значительное изменение видового состава (смена доминантов) и урожай снижается на 50—70 %. При очень сильном опустынивании растительный покров разрушается, а его продуктивность падает более чем на 70 %.

По такому же принципу выделены критерии опустынивания (по классам) для

Кара-Богаз-Гол в декабре 1980 г. (слева) и апреле 1983 г. Снимки сделаны со спутника «Метеор», зона спектра 0,7—1,1 мкм.





Карта-схема опустынивания территории Туркменской ССР.

Классы опустынивания:

- опустынивание отсутствует или проявляется на отдельных участках
- слабое
- умеренное
- сильное
- очень сильное

Типы опустынивания:

- деградация растительного покрова
- опустынивание вокруг колодцев
- ветровая эрозия
- водная эрозия
- засоление почв
- техногенное опустынивание

других показанных на карте типов опустынивания. Для ветровой эрозии при слабом опустынивании показателем является нарушение сплошного покрова дернины и появление так называемых язв дефляции (выдувания). При очень сильном опустынивании дефляция происходит на всей поверхности. Классы умеренной и сильной ветровой эрозии занимают промежуточное положение. Подвижные пески занимают около 5 % территории Туркменистана.

Для водной эрозии шкала интенсивности процесса включает следующие показатели: рельеф, крутизну склонов, наличие оврагов, степень нарушенности растительного покрова. Площади с водной эрозией также занимают около 5 %.

Критериями засоления орошаемых земель являются: степень засоления, расположения солевых горизонтов в почвенном профиле, морфологическая выраженность засоления, химический состав засоления, снижение урожайности хлопка-сырца по сравнению с фоновым уровнем. По последнему, очень важному показателю, принята



Оросительная система в туркменской пустыне.

следующая шкала классов опустынивания: слабое опустынивание — снижение урожая на 15 %, умеренное — на 16—40 %, сильное — на 41—80 %, очень сильное — более 80 %.

Примером «запланированного» опустынивания является высыхание залива Кара-Богаз-Гол, вызванное его перекрытием в марте 1980 г. Материалы космических съемок позволили проследить динамику уменьшения акватории залива. В 1975 г. его площадь составляла 8590 км², в 1980 г. — 7680 км², а в 1983 г. — около 2520 км². Осушенное дно залива не только само превратилось в пустыню, но и способствовало развитию процессов опустынивания на больших территориях, прилегающих к заливу. Стало ясно, что необходимы попуски каспийской воды, которые и были произведены в сентябре 1984 г.

В целом изучение опустынивания в Туркмении показало, что только около 35 % аридных экосистем здесь не деградируют. Что же можно противопоставить продвижению пустынь? В нашей стране и за рубежом разработано немало мероприятий по борьбе с опустыниванием. Многие из них вобрали в себя вековой опыт жителей пустынь.

МЕРЫ БОРЬБЫ

Пожалуй, первым направлением борьбы с опустыниванием является закрепление подвижных песков с помощью механических средств и выращивание на закрепленных участках растений, также укрепляющих пески.

Для этого на поверхности песков устанавливаются разного типа (рядовые, клеточные, полосные) устройства обычно из растительного материала, аккумулирующие весь песчаный материал. Затем на таких участках выращивают крупные кустарники. За годы Советской власти в



Полосное закрепление песков химическими веществами.

республиках Средней Азии выполнен огромный объем работ, закрепляющих подвижные пески. Например, на приоазисных песках Среднеамударьинского оазиса были установлены механические защиты на площади 15 тыс. га. При строительстве крупнейшего гидротехнического сооружения — Каракумского канала им. В. И. Ленина — таким образом были закреплены пески на площади 2000 га. Только в Туркмении на песках заложены лесные культуры на площади 202 тыс. га за период 1947—1966 гг., а в 1981—1985 гг. здесь закреплены и засажены лесом и кустарниками 450 тыс. га. Значительным примером фитомелиорации является создание насаждений фисташки на территории Кушкинского лесхоза Туркменской ССР, ныне занимающих площадь более 19 тыс. га. Однако такая традиционная для Средней Азии форма мелиорации песков, как установка механических защит, требует огромных затрат, поскольку базируется на ручном труде. Поэтому разрабатываются методы использования химических препаратов для укрепления песков, образующих

на песках устойчивое покрытие и в тоже время безвредных с точки зрения экологии. Уже испытано более сотни таких веществ. 20 тыс. га на территории Туркмении будет закреплено именно вяжущими веществами.

Вторым крупным направлением в борьбе с опустыниванием является рациональное использование и улучшение пустынных пастбищ. Здесь имеется широкий круг проблем, которые необходимо срочно решать. Это и соблюдение оборота пастбищ, позволяющего давать «отдых» отдельным участкам, и улучшение водоснабжения, и обогащение видового состава, и повышение продуктивности. Только в 1966 — 1980 гг. на территории Туркмении проведены работы по улучшению пастбищ на площади более 600 тыс. га. Постройка Каракумского канала способствовала улучшению состояния пастбищ Каракумов. В XII пятилетке планируется увеличить объем таких работ.

Более 500 тыс. га засоленных орошаемых земель на территории нашей республики также нуждаются в мелиорации. Развитие засоления может быть предотвращено или в какой-то мере снижено за счет разработки оптимальных агротехнических приемов — промывки почв, рациональной планировки коллекторно-дренажной сети и т. п.



Практические занятия на курсах. Слушатели учатся строить клеточные механические защиты.

Столь же важна и борьба с водной эрозией. Вырубка лесов на горных территориях способствовала процессам опустынивания на склонах. Здесь важно научиться регулировать сток воды. Проще всего это сделать, восстановив былую растительность в Копетдаге и других горных массивах. В 1976 г. был создан Копетдагский заповедник Министерства лесного хозяйства Туркменской ССР, в котором растительность строго охраняется на десятках тысяч гектаров. В горах Копетдага заложены плантации фисташки на площади около 3 тыс. га. Ведутся работы, способствующие снижению ущерба от паводков рек, — строятся отводные каналы и селезащитные дамбы.

Важной задачей является борьба с техногенным опустыниванием, которое в большинстве случаев — результат недоработки технических проектов. В Институте пустынь разрабатываются методы защиты газопроводов, дорог, линий электропередач и других объектов от песчаных заносов. Большое значение для успешной борьбы с опустыниванием имеет

повышение уровня экологического мышления у проектировщиков, строителей.

Советский опыт борьбы с процессами опустынивания широко используется во всем мире. На базе Института пустынь под эгидой ЮНЕП работают Учебные курсы по борьбе с опустыниванием, на которых проводятся занятия по мелиорации засоленных земель, улучшению пастбищ и закреплению песков. Стажировку на курсах прошли более 180 человек из развивающихся стран.

Даже из краткого перечисления способов борьбы с опустыниванием видно, сколь сложна и многогранна эта проблема. Авторы этих строк относятся к оптимистам и считают, что ее можно решить, скоординировав усилия специалистов из разных стран мира. На первых порах необходима организация глобального мониторинга — системы слежения за процессами продвижения пустынь с помощью космических съемок и разработка комплексного плана борьбы с этим нежелательным явлением.

Искусственный интеллект и парадоксы психологии

В. П. Зинченко



Владимир Петрович Зинченко, член-корреспондент АПН СССР, доктор психологических наук, профессор, заведующий кафедрой эргономики Московского института радиотехники, электроники и автоматики. Специалист в области общей, экспериментальной и инженерной психологии, а также по эргономике и информатике. Автор 12 книг, среди них: *Формирование зрительного образа* (совместно с Н. Ю. Вергилесом). М., 1969; *Функциональная структура зрительной памяти* (совместно с Б. М. Величковским и Г. Г. Вучетич). М., 1980; *Основы эргономики* (совместно с В. М. Муниповым). М., 1979; *Функциональная структура действия* (совместно с Н. Д. Гордеевой). М., 1982.

Прежде чем ставить вопрос о возможности создания искусственного интеллекта, необходимо было бы выбрать критерий и меру его сравнения с интеллектом естественным. Однако такое очевидное разумное предприятие наталкивается на непреодолимые трудности, связанные с тем, что мы не умеем количественно выразить различия в интеллекте даже двух наугад взятых людей. Поясним это на примере.

Большинство людей могут пробежать 100 м за 20 с, значит, они отличаются от чемпиона мира не более чем в два раза. А во сколько раз отличается умный от глупого? Известный специалист в области вычислительной техники проф. Дж. Вейценбаум (США) писал о широко распространенном тестировании IQ («коэффициента умственных способностей»): «Сама идея того, что интеллект можно количественно оценить с помощью простой линейной шкалы причинила неописуемый вред нашему обществу вообще и образованию в частности»¹.

Главной чертой человеческого интеллекта является способность к творчеству,

и, пожалуй, именно по этому параметру следовало бы сопоставлять интеллект естественный и искусственный. Однако, несмотря на то что акты творчества во всех их проявлениях, особенно акты творческого мышления, издавна привлекали к себе внимание ученых, тем не менее они остаются загадочными и трудными для исследования.

К счастью, смутные представления о том, что такое творческое мышление, озарение, интуиция, инсайт, не делают эти явления менее частыми и не мешают человечеству находить творческие решения огромного числа проблем, возникающих в самых различных сферах практической и теоретической деятельности. (Пожалуй, лишь горячность, проявляемая нередко при обсуждении нестареющей проблемы: «Может ли машина мыслить?» — заставляет поставить аналогичный вопрос и по отношению к человеку.)

Исследование актов творческого мышления в лабораторных условиях — мечта каждого специалиста, работающего в этой области. До реализации этой мечты, по-видимому, еще довольно далеко, так как пока отсутствуют сколько-нибудь надежные методы программирования творческой деятельности, результатом которой является создание «памятников духа». Отсутствие этих методов лишь в самой незна-

¹ Вейценбаум Дж. Возможности человеческих машин и человеческий разум. М., 1982, с. 262.

чительной степени восполняется аморфными рекомендациями творческих людей.

Как бы ни были талантливы и проныцательны авторы произведений и открытий в искусстве, науке и технике, описывающие собственный процесс творчества, их рекомендации не имеют всеобщего характера. Дело не столько в индивидуальности и субъективности творческого процесса, сколько в том, что самонаблюдению открываются не процессы творческой деятельности, а сопутствующие этим процессам состояния. Конечно, в каждом новом описании творческого акта проглядывают и отдельные фрагменты самого процесса, но по ним невозможно сколь-нибудь полно реконструировать творческий процесс в целом.

Это не означает, что подобные описания бесполезны. Если мы что-нибудь и знаем о творчестве, то почти исключительно благодаря им. И все же психологи не удовлетворяют многочисленным описаниям творческой деятельности, как бы они ни были полезны в качестве отправной точки исследования. В то же время его не может удовлетворить и выжидательная позиция.

Если учесть наши более чем скромные знания о механизмах творчества, то станет ясной неадекватность термина «искусственный интеллект». Об этом не стоило бы говорить, если бы речь шла об условной антропоморфической метафоре или о перспективе создания искусственного интеллекта, и сама эта перспектива имела бы адекватное научное обоснование. Но ведь пока систематически происходит подмена одной реальности другой.

Мы все восхищаемся успехами вычислительной техники, надеемся, что они в скором времени станут еще более впечатляющими. Но при чем здесь интеллект? Ведь мы же не называем молоток, топор, отвертку, пилу человеческой рукой, хотя они несомненно представляют собой овеященное человеческое действие. Мы говорим о ручном инструменте, об орудийных действиях человека. Но почему же мы столь же осторожно не поступаем в случае с интеллектом, со сложнейшей формой человеческой деятельности?

Компьютер следовало бы называть не искусственным интеллектом, а инструментом интеллектуального действия или овеященным инструментом интеллекта, который может существенно облегчать, ускорять, повышать точность принятия решения. Однако он может ускорять при-

нятие (хуже того — реализацию) неправильных решений. И здесь возникают в высшей степени интересные проблемы организации, проектирования человеческой деятельности со средствами автоматизации (от элементарных до сложнейших и более совершенных по сравнению с ныне существующими).

Что же касается собственно искусственного интеллекта — вопросы остаются. Почему каждое новое поколение компьютеров или каждая новая нетривиальная программа должны называться мыслительными? Это происходит, в частности, потому, что недостаточна философская и психологическая культура в понимании того, что представляет собой человеческая деятельность как таковая и мыслительная деятельность как ее составная часть. А образцы подобной культуры, несомненно, имеются. В. И. Вернадский, говоря о ноосфере — сфере разума, вовсе не имел в виду создание так называемых думающих или мыслящих машин. У него речь шла о разуме как «геологической силе», о совокупном вкладе научной мысли социального человечества, человеческой цивилизации в биосферу, в природу.

С необыкновенной пронизательностью В. И. Вернадский писал: «Наука, таким образом, отнюдь не является логическим построением, ищущим истину аппаратом. Познать научную истину нельзя логикой — можно лишь жизнью. Действие — характерная черта научной мысли»². Из приведенного отрывка следует, что В. И. Вернадский не смешивал логику и научно-исследовательскую, в том числе мыслительную, деятельность. Но ведь именно на таком смешении основаны идеи об общности или близости работы компьютера и человеческого интеллекта. Они основаны либо на пренебрежении психологической реальностью, либо на смешении предметов изучения психологии и логики.

В свое время проводилась специальная работа по преодолению «психологических предрассудков» относительно того, что психология представляет собой необходимое и достаточное основание логики. Не обсуждая сейчас вопрос о том, насколько правомерно и доказательно предположение о существовании «чистой» логики, заметим, что именно рафинированная, формальная логика лежит в основе реальных достижений вычислительной тех-

² Вернадский В. И. Размышления натуралиста. Книга вторая. М., 1977, с. 39.

ники. Другими словами, так называемый «искусственный интеллект» строится в настоящее время на логико-математических, намеренно очищенных от психологии основаниях и затем наивно уподобляется интеллекту человеческому.

Как ни странно, но объяснение поспешности в квалификации машин как думающих лежит в пристрастности человеческой деятельности, пристрастности, которой, кстати сказать, лишены машины. Профессионалы в области вычислительной техники привыкли судить о процессе мышления, т. е. о малознакомом для них предмете, лишь по его результату, что, впрочем, естественно, так как этот процесс в значительной своей части скрыт от самонаблюдения. Другими словами, они рассматривают и анализируют предмет (и результат) мышления, а не мышление как предмет (и как деятельность), также доступный анализу.

Современная вычислительная техника в настоящее время может имитировать лишь самую незначительную часть умственных способностей человека — их операционально-технический компонент. Вместе с тем процедуры машинных и человеческих решений принципиально различны. Мы уже приводили высказывание В. И. Вернадского о том, что действие — характерная черта научной мысли. Природа и причина этого состоят в том, что сама мысль возникает из действия и действием остается.

Напомним, А. Бергсон писал о том, что история эволюции, в процессе которой сложился интеллект, показывает нам, что способность понимания есть нечто связанное со способностью к действию. Есть то, что когда-то называли «умным деланием». И это «умное делание» должно рассматриваться как необходимое условие действительности (по Декарту — активности) интеллекта, мысли. Бергсону же принадлежат замечательные размышления о функциях науки:

«Какой главный предмет науки? Это увеличение нашего влияния на вещи. Наука может быть умозрительною по форме, бескорыстною в своих ближайших целях: другими словами, мы можем оказывать ей кредит как угодно долго. Но как бы ни отодвигать срок платежа, нужно, чтобы в конце концов наш труд был оплачен. Таким образом, по существу, наука всегда имеет в виду практическую полезность. Даже когда она пускается в теорию, она вынуждена приспособлять свою

работу к конфигурации практики. Как бы высоко она ни поднималась, она должна быть готовой упасть на поле действия и тотчас же оказаться там на ногах. Это было бы невозможно для нее, если бы ее ритм совершенно отличался от ритма действия»³.

Мы привели эту длинную выдержку из книги «Творческая эволюция», в частности, еще и потому, что содержащийся в ней же комплимент: «Физика — это испорченная логика» — чаще всего воспринимается как ирония. На самом деле автор подчеркивал этим действительный характер физики. Вспомним в этой связи афористическое название книги Анри Валлона: «От действия к мысли»⁴. Кстати, давно уже никому из психологов не приходит идея вывести мышление из памяти, хотя, конечно, трудно переоценить роль памяти в мышлении. Но ведь и сама память выводима из действия и действием остается, что было показано в исследованиях П. И. Зинченко, А. А. Смирнова и многих других психологов⁵.

Здесь, наконец, мы подходим к парадоксам психологии в связи с проблемой искусственного интеллекта. Главный парадокс в психологии можно сформулировать так: получение строгого — в пределе единственного — результата достигнимо лишь при условии огромного числа возможных путей к нему. Иначе: свобода есть условие творчества, да и не только творчества. Рассмотрим это на простейшем, казалось бы, примере осуществления целесообразного человеческого действия.

Анализируя анатомический аппарат произвольных движений, замечательный физиолог А. А. Ухтомский подчеркивал необычную его сложность, намного превосходящую сложность самых хитроумных искусственных механизмов, контролируемых человеком. Эта сложность создается, во-первых, благодаря чрезвычайной подвижности кинематических цепей человеческого тела, которая исчисляется десятками степеней свободы. Число степеней свободы, характеризующих, например, подвижность кончика человеческого пальца относительно грудной клетки, достигает шестнадцати. Это означает, что в пределах

³ Бергсон А. Творческая эволюция. М.—СПб, 1914, с. 294.

⁴ Валлон А. От действия к мысли. М., 1956.

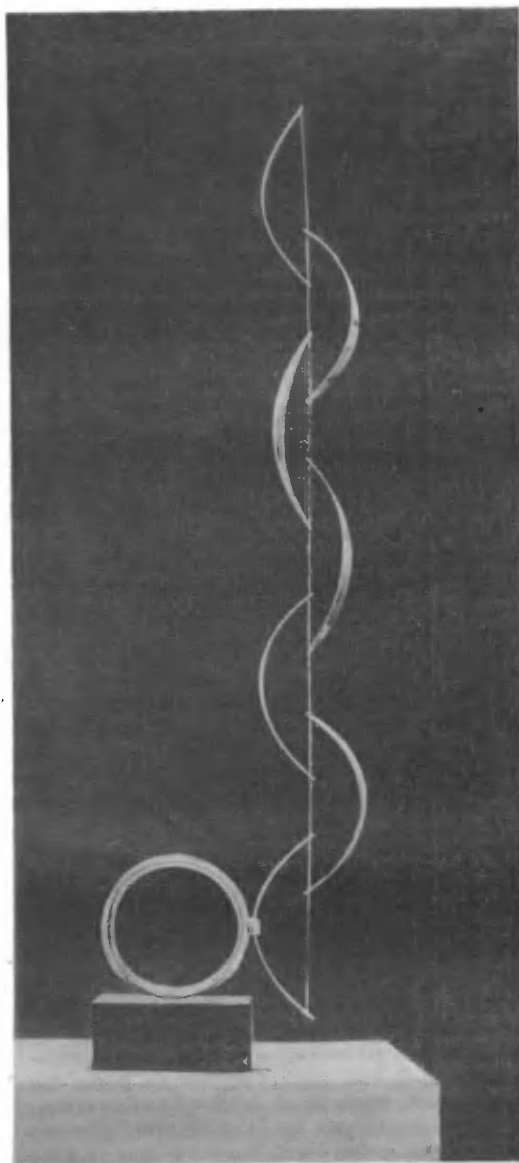
⁵ Зинченко П. И. Непроизвольное запоминание. М., 1961; Смирнов А. А. Проблемы психологии памяти. М., 1966.

диапазона вытянутой руки палец может двигаться любым образом и в любом направлении так, как если бы он совершенно не был связан с остальным телом, и может занимать любые положения по отношению к другим звеньям руки⁶.

К этому нужно добавить многозначность эффектов мышечных напряжений при непрерывно меняющемся исходном состоянии мышц, а также то, что в динамике двигательного акта большую роль играют внемышечные, неподвластные организму внешние и реактивные силы. Задача построения движения в предметной ситуации является фантастической по своей сложности. Чтобы решить ее, тело, обладающее психикой, вынуждено каким-то нерациональным, нерассудочным путем постичь сложнейшую физику (статика, динамику, кинематику, сопротивление материалов) конкретной предметной ситуации и согласовать ее с телесной биомеханикой.

Во многих психологических лабораториях мира пытаются ответить на вопрос, поставленный когда-то Ньютоном: «Каким образом движения тел следуют воле...?»⁷. Не лучше обстоит дело и с другой стороной этой проблемы, отмеченной Спинозой: «То, к чему способно тело, никто еще не определил»⁸. Эти способности действительно безграничны, и их источник лежит в огромном и избыточном по отношению к каждому исполнительному акту числу степеней свободы кинематических цепей человеческого тела. Таким образом, мы можем сформулировать **первый парадокс**: избыточное число степеней свободы представляет собой необходимое условие осуществления обычных и далеко еще не раскрытых возможностей человеческого действия.

Не случайно эти возможности описываются в таких терминах, как сенсомоторный, или практический, наглядно-действенный интеллект. Эта первая (не смешивать с низшей) форма интеллекта является основой и «учителем» других, более поздних его форм. Подчеркнем, что эта необходимая форма интеллекта непосредственно вплетена в предметную деятельность, в ее пространственно-временные формы, и она не утрачивает своего значения при появ-



Многозначность восприятия искусственной конструкции. [Композиция «Стоящая нить», В. Ф. Колейчук, 1976 г.] С первого взгляда, вероятно, трудно понять, чем обеспечивается жесткое вертикальное положение конструкции — нитью или упругими элементами. Растягиваемая упругими пластинами нить действительно стоит, а не подвешена к потолку. Многозначность разрешается при понимании устройства конструкции.

⁶ Ухтомский А. А. Собр. соч. Т. III. Л., 1956, с. 148 и далее.

⁷ Ньютон И. Оптика. М.—Л., 1927, с. 287.

⁸ Спиноза Б. Этика. Часть III, Теорема 2, Схолия. М.—Л., 1933, с. 84.



Зрительные эффекты трансформации образов. («Пейзаж», В. Ф. Колейчук, 1983 г.) Трансформация исходного изображения — картины И. К. Айвазовского «Лунная ночь у моря», 1847 г. — достигнута путем поворота выделенной (вырезанной) круглой части картины на 140° , что привело к совершенно неожиданной новой «жизни» образа и его элементов. В преобразованном изображении часть неба стала шаром — неправдоподобной луной, а солнце стало бликом на его теле. Возможность подобного эффекта предполагает обширный багаж человеческой культуры, который по существующим представлениям невозможно изложить на понятном компьютеру формализованном языке.

лении более поздних форм. Уже на ранних стадиях развития интеллекта возникает детерминизм по цели, когда цель как идеальный образ будущего, образ должного детерминирует настоящее, определяет собой реальное действие и состояние субъекта.

Второй пример относится к формированию образа мира и его свойствам. В психологии много усилий было направлено на решение классической проблемы: «Как мы видим вещи такими, какие они есть в действительности?» Известно, что, для того чтобы правильно воспринимать мир, необходим период сенсорного и перцептивного научения. В специальных исследованиях демонстрируется существование манипулятивной способности зрительной системы; она может вращать образы (это так называемое умственное



вращение), трансформировать и комбинировать их. Другими словами, образ также обладает избыточным числом степеней свободы по отношению к оригиналу.

Точно так же, как и при построении движения, при построении образа задача состоит в том, чтобы преодолеть избыточные и неадекватные образы и построить один, нередко единственно верный. Следовательно, второй парадокс может быть сформулирован так: избыточное число степеней свободы образа по отношению к оригиналу представляет собой необходимое условие однозначного восприятия действительности, верного отражения ее пространственных и предметно-временных форм. Этот процесс настолько сложен, что его, с одной стороны, характеризуют как перцептивное действие, а с другой — как образный, или визуальный, интеллект. Отсюда и распространенные метафоры: «живописное соображение», «разумный глаз», «глазастый разум», хорошо поясняющие, что такое «визуальное мышление».

Этот интеллект представляет собой следующую форму развития, которая в свою очередь вслед за предметным действием также выступает не только в качестве основы и «учителя» его более поздних форм, но не утрачивает и своего самостоятельного значения. Общеизвестны ответы А. Эйнштейна на анкету Ж. Адамара. Он писал, что в качестве



Метафоричность многозначных образов. [«Гештальт III», В. Вазарели, 1961 г.] В композиции, являющейся по существу красочной вариацией на тему популярного среди психологов куба Нешкера, происходит переключение с одного варианта восприятия на другой, создавая «мерцающий эффект» изображения. Зрительное восприятие пытается конкретизировать, что же изображено здесь «на самом деле». Такая ситуация, наверное, характерна для всех случаев восприятия нового, когда впервые увиденное явление мерцает как спектр знакомых, но дополнительных друг к другу явлений.

элементов мышления у него выступают более или менее ясные образы и знаки физических реальностей. Эти образы и знаки как бы произвольно порождаются и комбинируются сознанием. Очень точно А. Эйнштейн отнес к числу первона-

чальных элементов мышления не только зрительные, но и элементы некоторого мышечного типа⁹. Еще раньше И. М. Сеченов к элементам мысли отнес «ряды личного действия»¹⁰.

Третий пример относится к человеческой памяти, для которой характерно не только забывание, но и вытеснение, включающее трансформацию и переосмысление (часто произвольное) ранее случившегося, характерны реконструк-

⁹ Hadamard J. An Essay on the Psychology of Invention in the Mathematical Field. Dover, 1954, p. 142.

¹⁰ Сеченов И. М., Павлов И. П., Введенский Н. Е. Физиология нервной системы. Т. 1. М., 1952, с. 362.

ции при воспроизведении и многое другое. Словом, чего не было со мной, помню, а что было со мной — забыла. Напомню стихи Л. Мартынова:

Вспоминаем неожиданно,
Непредвиденно, негаданно
То, что было и не виданно,
Да и впредь не предугаданно.

Исследователи все больше приходят к убеждению, что динамические (свободные) свойства памяти преобладают над ее консервативными свойствами. Но именно в этом, видимо, скрыт секрет не только удивительной емкости, но и готовности к отклику, доступности человеческой памяти. Это **третий парадокс**.

Во многих исследованиях памяти было показано, что не память является детерминантой деятельности, а наоборот, последняя определяет процессы памяти, влияет на объем, скорость, точность процессов запоминания, хранения, извлечения и воспроизведения материала. Действие представляет собой не только средство, соединяющее прошедшее с будущим, но и содержит элементы предвидения и памяти в своей собственной фактуре. Через действие память включается в жизнедеятельность субъекта, а не является внешней силой по отношению к ней. Вплетенность памяти в жизнедеятельность, как это ни странно, делает ее относительно независимой от субъекта. «Освобождаясь» от субъекта, память наполняется бытийными характеристиками, приобретает вневременные свойства и тем самым обеспечивает субъекту удивительную свободу действия в реальной предметной ситуации и не менее удивительную свободу познания мира¹¹.

Четвертый пример относится к интеллекту в собственном (общепринятом) смысле этого слова. И здесь мы встречаемся с аналогичной ситуацией. Интеллект — это свободное действие. Это нужно понимать в том смысле, что человек может решать задачу, пользуясь языком действий, языком образов, практических обобщений («ручных понятий»), предметных и операциональных значений, языком знаков, символов. Исследователи пытаются расшифровать также язык внутренней речи, глубинных семантических структур. Следовательно, одна и та же реальность мо-

жет быть описана избыточным числом языков. Субъект обладает также избыточным числом способов оперирования предметным (или формальным) содержанием, отраженным в этих описаниях. При решении задачи необходимо найти, а иногда и сконструировать, язык описания, на котором задача имеет решение, найти адекватные задаче (и языку) способы преобразования условий, в которых задача дана. Значит, интеллект в собственном смысле слова представляет собой как бы суперпозицию всех его предшествующих форм: практического («мышление предметами»), сенсомоторного, образного. Это еще один шаг в направлении свободы от наличной ситуации к перестройке ситуации, к конструированию нового. **Четвертый парадокс**, следовательно, состоит в том, что получение нетривиальных результатов в интеллектуальной деятельности возможно благодаря ее свободе, которая приближается к абсолютной, хотя, конечно, таковой не становится. Здесь также имеются свои способы преодоления, можно даже сказать укрощения, избыточных степеней свободы возможных описаний реальности и возможных способов оперирования в пределах каждого из таких описаний. Важную роль в этом преодолении играют движения и образы, которые связывают мышление и мысль с предметной действительностью, с ее реальными пространственно-временными формами, отягощают их, выражаясь словами К. Маркса, проклятием материи¹².

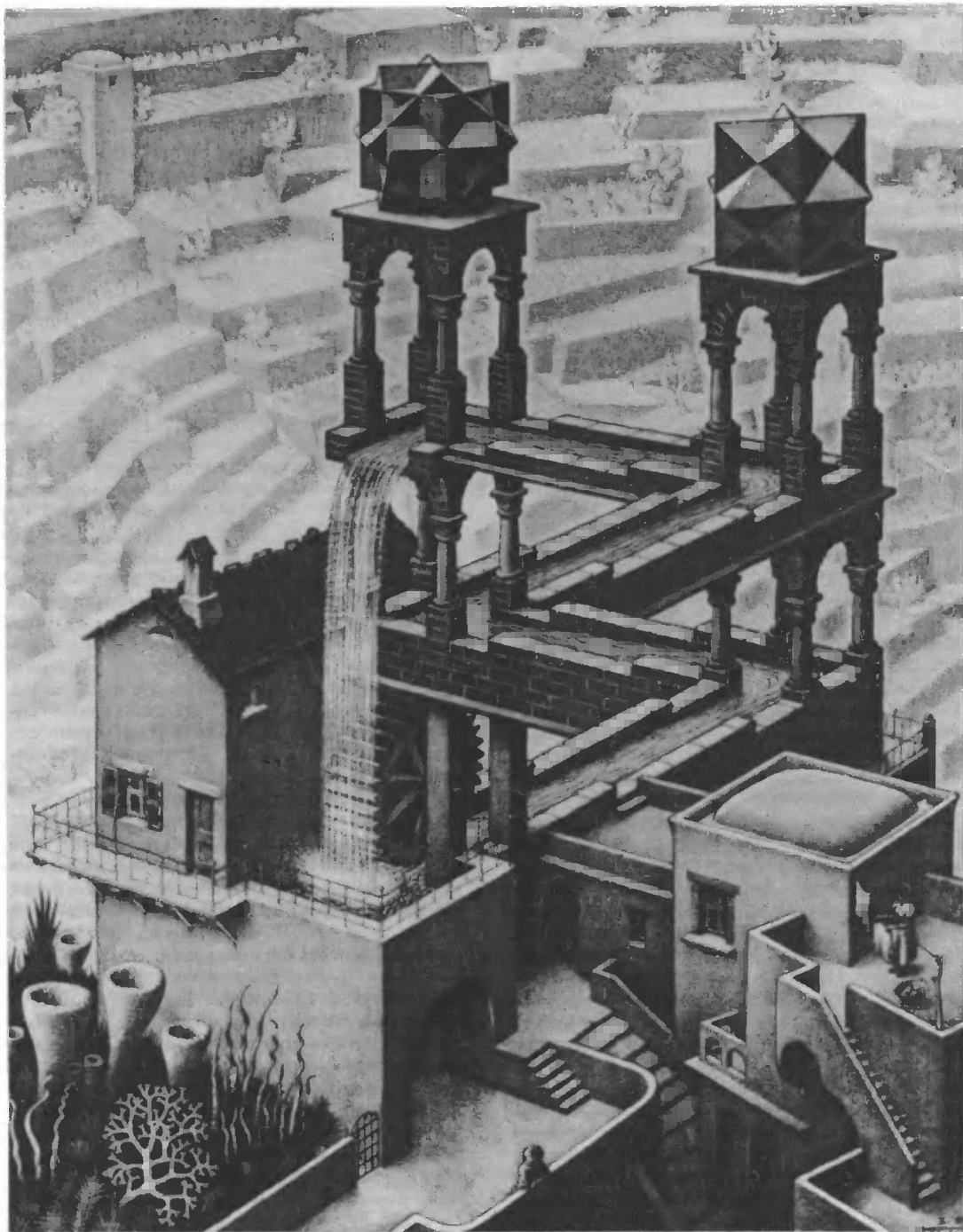
Рассмотрим подробнее некоторые механизмы или способы преодоления избыточных степеней свободы в мыслительной деятельности на примере достаточно противоречивых и сложных для анализа взаимоотношений, складывающихся между значением и смыслом тех или иных ситуаций.

Известно, что одного описания ситуации в системе значений (на каком бы из языков такое описание не было осуществлено) недостаточно для решения задачи. Из этого описания должно быть извлечено (или «вчитано» в него) смысловое содержание ситуации. Без этого не начинается даже сенсомоторное действие, важнейшей характеристикой которого, согласно Н. А. Бернштейну, является смысл двигательной задачи, решаемой посредством такого действия¹³.

¹¹ Зинченко В. П., Величковский Б. М., Вучетич Г. Г. Функциональная структура зрительной памяти. М., 1982.

¹² Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 3. М., 1955, с. 29.

¹³ Бернштейн Н. А. О построении движений. М., 1947, с. 34.



Пример парадоксальной работы продуктивной способности воображения. [«Водопад», М. К. Эшер, 1961 г.] Избыточная свобода зрительного восприятия сталкивает здесь как «правильность» изображения, так и явную невозможность движения воды. Мастер топологических загадок, художник изобра-

зил элементы картины во взаимосвязи, препятствующей однозначному восприятию. Продуктивная способность воображения, обеспечивающая однозначность восприятия, в этом случае «работает» против выполнения этой задачи.

При решении мыслительной задачи субъект строит образно-концептуальную модель условий, в которых она дана, используя для этого ранее освоенные языки их описания. Он перемещается в «мир» образов и значений, рефлектирует по поводу этого построенного «мира», оперирует предметными образами, значениями, символами и т. д. Результатом этого процесса должна быть трансформация образно-концептуальной модели в модель проблемной ситуации. Решающим в такой трансформации как раз и является установление смысла. Если на этапе построения образно-концептуальной модели фиксируется неопределенность или чрезмерно большое число степеней свободы в ситуации, то на этапе формирования модели проблемной ситуации происходит понимание, осознание и означение смысла, т. е. выделенного главного противоречия или конфликта, порождающего эту неопределенность¹⁴.

Смысл, в отличие от значений, складывается (извлекается) не последовательно, линейно из различных уровней языка, в котором описана, дана ситуация, а схватывается нами комплексно, симультанно¹⁵. Поэтому-то нередко ситуация сразу воспринимается и понимается как проблемная без предварительного построения ее образно-концептуальной модели.

В таких случаях извлечение смысла, в том числе и оценка сложной ситуации, происходит прежде детального ее восприятия и без кропотливого анализа значений. Необходимым условием извлечения смысла и адекватной смысловой оценки ситуации является предметная отнесенность языковых и символических значений. При оперировании предметными значениями такая отнесенность дана как бы в них самих и не требует промежуточных преобразований и опосредствований.

Смысл, извлекаемый из ситуаций, — это средство связи значений с бытием, с предметной действительностью и предметной деятельностью.

При решении сложных задач наблюдаются противоположные и циклически совершающиеся процессы, состоящие в осмысливании значений (в том числе и в их

обесмысливании) и в означении смыслов. Именно в этом состоит важнейшая функция сознания (рефлексии). При «голом» смысле оно не нужно, так же как оно не нужно при «абсолютной разумности». Имеется существенное различие между значением и смыслом. Значение находится в сфере языка, а смысл в сфере предметной и коммуникативной деятельности, в том числе и в сфере речи. Поэтому при извлечении смысла из вербальных значений субъект привлекает внелингвистическую информацию, к которой относятся образы предметной реальности, а также действия с ней.

Предметность — это важнейшая категория психологической науки и одновременно важнейшее свойство психической жизни человека. Предметность не совпадает с образностью, целостностью и конкретностью. «Беспредметный мир» (в смысле К. Малевича) может быть и образным, и целостным, и конкретным, но он остается при этом беспредметным, и в этом отношении он может быть и бессмысленным, если отвлечься от абстрактного художественного смысла¹⁶. Смысл рождается не из слов, а из действий с предметами, из ценностных и творческих переживаний. При извлечении его из значений, в том числе из высказываний, предложение сквозь последние действительно симультанно «просвечивают» предметное содержание, образы, представления, предметные значения. Словом, сквозь значения просвечивает предметный мир или пространство возможных предметных действий в этом мире, имеющих смысл для субъекта. Сказанное справедливо даже для восприятия детьми сказки, в которой, как известно, многое дозволено. Но, оказывается, не все. А. В. Запорожец писал, что ребенок может согласиться с тем, что чернильница будет сторожить дом доктора, ушедшего к больному. Но он протестует против того, чтобы она лаяла на грабителей. Пусть, — говорит ребенок, — она лучше фыркает на них чернилами¹⁷.

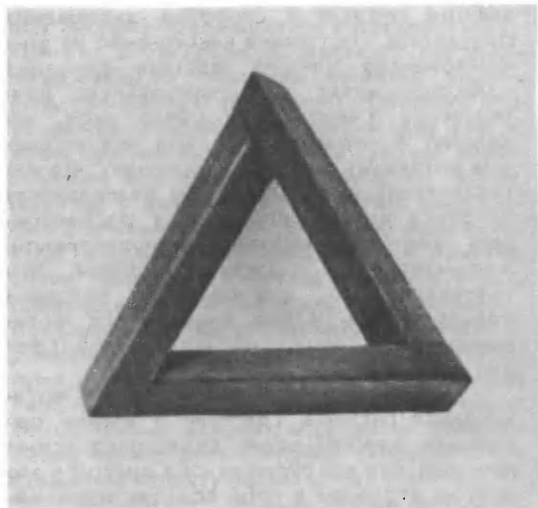
Известно, что извлеченный субъектом смысл не дан постороннему наблюдателю, он не всегда дан и субъекту познания и действия. Но тем не менее, согласно А. Н. Леонтьеву, это объективная, бытийная категория: «Смысл порождает»

¹⁴ Гордон В. М. О взаимосвязи информационной организации и структуры действий. — В сб.: Эргономика. Труды ВНИИТЭ, вып. 27. М., 1984.

¹⁵ Звягинцев В. А. Язык и лингвистическая теория. М., 1973.

¹⁶ Malewitsch K. Suprematismus — Die gegenstandslose Welt. Köln, 1962.

¹⁷ Запорожец А. В. Изб. психол. тр. Т. I. М., 1986, с. 70.



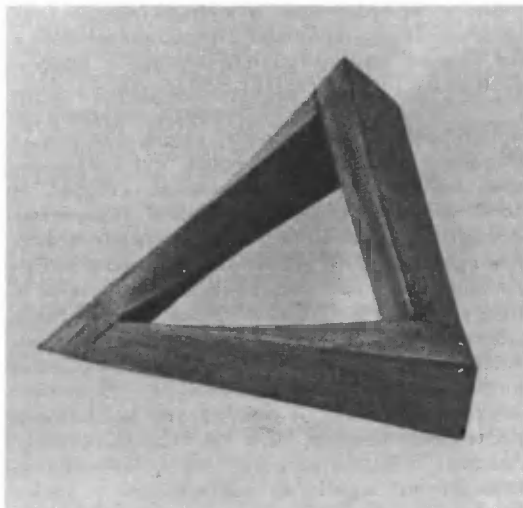
Трансформация невозможной фигуры в возможную. («Невозможный объект № 2», В. Ф. Колейчук, 1972 г.) Смена ракурса снимает первоначальное впечатление невозможности пространственной фигуры, предоставляя зрителю восприятию необходимые гарантии однозначности образа.

дается не значением, а жизнью»¹⁸. Можно было бы сказать, что смысл — это бытие для себя. Именно поэтому так называемое извлечение смысла из значений — это прежде всего средство связи значений с бытием, с предметной действительностью и предметной деятельностью, как со своеобразными труднорасчленяемыми целостностями. От характеристики смысла как бытийного и ненаблюдаемого образования имеется ход к проблеме смысла жизни (бытия), который полностью невыразим в значениях. (Ср. с лермонтовским:

Мои слова печальны, знаю:
Но смысла Вам их не понять.
Я их от сердца отрываю,
Чтоб муки с ними оторвать.)

В противном случае мы бы его лишились. В то же время каждая не пустая мысль, если таковая возможна, есть, по словам Г. Г. Шпета, мысль о смысле¹⁹. Поэтому-то и мысль предметна, бытийна.

Не менее интересен и сложен для



анализа противоположный процесс — процесс означения смысла, трансформации или перевода смысла в значения. Такой перевод, если он осуществлен полностью, является своего рода «убийством» смысла как такового. Означение смысла или его понимание — это вовлечение чего-то из сферы бытия в сферу языка. Не с этим ли связаны трудности выражения бытия в языке? Многое в предметной действительности и предметной деятельности упорно сопротивляется попыткам концептуализации. К тому же, как говорят писатели, в недоназванном (неозначенном) мире имеется своя прелесть.

Необходим совместный анализ циклических и противоположно направленных процессов осмысления значений и означения смыслов. Они не только ограничивают степени свободы мыслительной деятельности. На стыке этих процессов рождаются новые образы, несущие определенную смысловую нагрузку и делающие значение видимым (визуальное мышление), и новые вербальные значащие формы, объективирующие смысл предметной деятельности и предметной действительности. Оба эти процесса теснейшим образом связаны с деятельностью субъекта. Означить смысл — значит задержать осуществление программы действия, мысленно проиграть ее, продумать. Осмыслить значение, наоборот, значит запустить программу действия или отказаться от нее, начать искать новый смысл, и в соответствии с ним строить программу нового действия. Эти процессы не осуществляются внутри самого мышления, сознания и лишь его силами. Через деятельность и действие они свя-

¹⁸ Леонтьев А. Н. Деятельность. Сознание. Личность. М., 1975, с. 279; Зинченко В. П., Мамардашвили М. К. — Вopr. философии, 1977, № 3, с. 109.

¹⁹ Шпет Г. Г. Эстетические фрагменты. Ч. 1. Пб., 1922, с. 11.

заны с предметной и субъективной (социальной) реальностью, сопротивляющейся не только концептуализации, но и произвольному (свободному) обращению с ней.

Психологический анализ мышления не исчерпывается сказанным выше. Он предполагает учет человеческой субъективности, например мотивационной сферы, в том числе и борьбы мотивов (существо которой также может быть представлено как преодоление степеней свободы в побудительных силах человеческих действий и поступков). Необходим также анализ процессов целеполагания, изучение субъективной представленности целей и их смены в процессах мышления. Влияние субъективности на процесс и результаты мышления настолько велико, что Л. С. Выготский говорил о единстве аффекта и интеллекта. Иногда это единство выражается в таких терминах, как «познавательное отношение»²⁰, «личностное знание»²¹. Интересные соображения на этот счет имеются в рукописном наследии А. В. Запорожца, который развивал идеи Л. С. Выготского об эмоциях: «Обычно люди сетуют на то, что разумные намерения и решения не реализуются вследствие того, что они подавляются аффектом. Однако при этом забывают, что при чрезвычайной подвижности и бесконечности степеней свободы человеческого интеллекта было бы жизненно опасным, если бы любая мысль, пришедшая человеку в голову, побуждала его к действию. Весьма существенно и жизненно целесообразно то, что, прежде чем приобрести побудительную силу, рассудочное решение должно быть санкционировано аффектом, в соответствии с тем, какой личностный смысл имеет выполнение этого решения для субъекта, для удовлетворения его потребностей и интересов»²².

При всех ограничениях степеней свободы мыслительной деятельности, о которых шла речь выше, она представляет собой наиболее свободную форму деятельности и именно в том понимании свободы, которое выражали Гегель и Маркс.

Любая деятельность, в том числе и интеллектуальная, должна включать в себя цель, средство, результат. Наличие свободы в выборе и полагании целей с неизбежностью влечет за собой свободу в

выборе средств и способов достижения результата. Отсутствие какого-либо из этих компонентов или их жесткая фиксация трансформирует интеллектуальную деятельность человека в нечто иное, например в ограниченный или искусственный интеллект. Сказанное означает, что интеллектуальную, умственную деятельность человека в принципе нельзя рассматривать вне сенсомоторной, перцептивной, мнемической и других ее форм. Интеллектуальную деятельность человека нельзя понять и вне анализа его мотивационной и эмоционально-волевой сферы.

Деятельность в целом — это органическая система, где, как в живом организме, каждое звено связано со всеми другими, где все отражается в другом и это другое отражает в себе все. Но этого мало. Деятельность, имеющая столь сложное строение, к тому же непрерывно развивается. Непременным признаком органической развивающейся системы является то, что она в процессе своего развития способна к созданию недостающих ей органов.

В качестве таковых индивид в своей деятельности порождает новые образы, новые языки описания проблемных ситуаций, новые способы действия и принятия решения, новые цели, программы и средства их достижения, новые формы контроля за протеканием деятельности и критерии оценки ее эффективности.

А теперь вернемся к главному парадоксу психологии, о котором шла речь выше, и сформулируем исследовательскую задачу, которую необходимо решить для его преодоления. Что собой должна представлять система, которая могла бы управлять перечисленными сложнейшими подсистемами сенсомоторного, перцептивного, мнемического, интеллектуального, эмоционально-оценочного действия, каждая из которых обладает избыточным числом степеней свободы? Каким образом направляется их активность, концентрируются и координируются их усилия на достижении поставленных целей? При этом следует помнить, что достигаемые цели и решаемые задачи являются не только адаптационно-гомеостатическими, но и продуктивными, конструктивными, творческими. Ответ на вопрос, что представляет собой творческая, самоорганизующаяся порождающая система, имеет не только научный, но и практический смысл. Этот вопрос можно поставить в несколько иной форме. Каким образом свободная система (или семейство свобод-

²⁰ Лекторский В. А. Субъект, объект, познание. М., 1980.

²¹ Полани М. Личностное знание. М., 1984.

²² Запорожец А. В. Цит. соч., с. 297.

ных систем) превращается в детерминированную, в пределе в жесткую систему, позволяющую 'получить наперед заданный, ожидаемый результат? Известно, что успешная координация усилий жестких и даже самонастраивающихся систем недостижима при решении творческих задач. Наличие в каждой из подсистем избыточных степеней свободы оставляет пространство (и время) для координации, поисков точки приложения усилий и вместе с тем превращает их из свободных в детерминированные. Система становится детерминированной, когда она способна к активному преодолению (ограничению) всех степеней свободы, кроме одной. Рассмотрим некоторые общие условия и средства преодоления избыточных степеней свободы в системе интеллектуальной деятельности.

Во-первых, перечисленные подсистемы работают не изолированно. Каждая из них представляет собой функциональный орган, но вместе они составляют единую функциональную систему (организм). При решении каждой задачи это единство не дано, а задано. Соответственно и способности координации их деятельности даны не наперед, а строятся по ходу осуществления этой деятельности.

Во-вторых, каждая отдельная подсистема не может сама ограничить число своих степеней свободы. Это ограничение достигается усилиями других подсистем. Так, степени свободы кинематических цепей человеческого тела ограничиваются за счет сенсорной коррекции, за счет формирования образа ситуации и образа действий, которые должны быть в ней осуществлены. Соответственно, избыточные степени свободы образа по отношению к оригиналу ограничиваются за счет двигательной системы, за счет «обследовательского тура», поиска положения головы, глаз, при которых возможно однозначное восприятие. Следовательно, координация состоит во взаимном ограничении степеней свободы каждой из подсистем. Отсюда и термины: сенсорная коррекция движения, моторная коррекция восприятия, образа, когнитивная коррекция поведения, действия, эмоциональная коррекция мотивационной сферы и интеллектуальной активности и т. д. Перечисленные формы взаимной коррекции достаточно интенсивно изучаются в современной психологии.

В-третьих, человечество вырабатывает различные системы эталонов, норм, правил, которые усваиваются индивидом и которыми он руководствуется в своей деятельности. К ним относятся сенсорные и

перцептивные эталоны, архетипы культуры, схематизмы сознания, этические правила, моральные и нравственные нормы, социальные установки, стереотипы поведения. Все эти образования также выполняют функцию ограничения степеней свободы поведения и деятельности индивида.

В-четвертых, управление отдельными подсистемами и их взаимодействием между собой и с окружением осуществляется по типу полифонического или гетерархического объединения иерархий, подчас весьма тесно связанных друг с другом, но не имеющих фиксированного центра управления. Приведенные размышления соответствуют новым тенденциям, возникшим в рамках системного подхода.²³ Для системного подхода неприменим способ оценки систем через весомость отдельных показателей: система характеризуется наличием нескольких равнозначных переменных, связанных между собой по типу динамического равновесия, для описания которого все меньше оказывается пригодным традиционное понимание части и целого, причины и следствия. Системная связь построена таким образом, что каждая смысловая точка системы может быть рассмотрена как ее центр. Примером такой полицентрической системы является функциональная модель предметного действия.²³ В этой модели авторы затруднились выделить самостоятельный блок принятия решения, поскольку на различных этапах функционирования системы эту функцию выполняют различные компоненты.

В такой полицентричности, отражающей реальную сложность развития и функционирования системы, заключается ее способность не только к ограничению степеней свободы, к перераспределению связей внутри нее, но и к умножению смыслов. Эта способность есть неперенное условие (и критерий) ее жизнестойкости.

И, наконец, решающими условиями преодоления избыточных степеней свободы в системе интеллектуальной деятельности являются ее предметное содержание и цель. О роли предметности мы говорили выше. Относительно цели напомним слова Маркса о том, что сознательная цель, как закон, определяет способ и характер действий человека.²⁴

²³ Гордеева Н. Д., Зинченко В. П. Функциональная структура действия. М., 1982.

²⁴ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 23, с. 189.

Мы рассмотрели лишь некоторые аспекты исследования интеллектуальной деятельности. Нетрудно видеть, что столь сложный по своему строению и функционированию процесс мышления невозможно свести к логико-математическим структурам, к размытым множествам и понятиям. Мыслительная деятельность человека еще пока лишь строится как объект теоретического (а не эмпирического) исследования и понимания. Попытки модельного представления элементов и понятий на сегодня целостности и структурной организации мыслительного процесса (равно как и процессов восприятия и памяти) в высшей степени полезны, хотя они в такой же степени редки. В то же время ссылки на то, что компьютер может решать задачи, недоступные человеческому мышлению, скорее должны были бы привести к заключению, что он и решает их не человеческими способами²⁵.

Кстати, человеческие способы мышления имеют свою прелесть, несмотря на всю их мучительность, а может быть, благодаря ей, так как полученный в свободной человеческой деятельности результат сам является высшей наградой. Именно в этой сложности не могли разобраться интуитивизм и «ленивый иррационализм». Дело ведь не в том, чтобы признать деятельность мышления рациональной или иррациональной, сознательной или бессознательной, а в том, чтобы найти средства, с помощью которых оказалось бы возможным проникнуть в удивительный мир человеческого мышления, во все его реальные пласты и формы, которые отличаются один от другого по многим параметрам, видимо, и по свойствам субъективного пространства-времени.

Разумеется, я отнюдь не недооцениваю усилия многих специалистов, направленные на раскрытие механизмов мыслительной деятельности, в частности процессов принятия решения. Здесь много впечатляющих и даже выдающихся

результатов. Однако большая их часть направлена на раскрытие оперативно-технической стороны умственной деятельности. При этом не всегда помнят, что умственное действие не только предметно, но и социально по своему происхождению. Это означает, что оно направлено не только на предмет, но и на другого человека.

Человеческое мышление всегда диалогично (вспомним хотя бы нормальную двойственность сознания и ожесточенные споры между нашим первым и вторым «я»), и в этом смысле оно не принадлежит только субъекту мышления. Маркс говорил о глазах и ушах, что это «органы, которые отрывают человека от пут его индивидуальности, превращая его в зеркало и эхо вселенной»²⁶. Так же и мышление, рождающееся в общении с окружающими, в совместной коллективной деятельности, опосредуемой знаками и символами, отрывает человека от его индивидуальности и приближает его к всеобщему и абсолютному.

Наконец, последний парадокс. Не ставим ли мы своим скептическим отношением к возможностям искусственного интеллекта пределов научно-техническому прогрессу и развитию человеческого интеллекта?

Реалистическая позиция состоит в том, чтобы признать возможности научно-технического прогресса и человеческого мышления неограниченными. Но дело в том, что успехи в области моделирования психических процессов, в том числе и мышления, всегда будут идти вслед за раскрытием подлинных способностей человека, в том числе и за их развитием. Однако «тот, кто идет за кем-то, всегда остается позади». И дистанция между «искусственным интеллектом» и живой человеческой мыслью в настоящее время очень велика.

Компьютерам придется еще очень много и долго учиться и совершенствоваться, пока человечество согласится (если согласится?) само творить и мыслить по его схемам. А если говорить серьезно, то, строя все более и более совершенные модели человеческих способностей, в том числе и мыслительных, мы будем тем самым бесконечно совершенствовать и вооружать наш собственный живой, человеческий Разум.

²⁵ Ср. с высказыванием О. Э. Мандельштама: «Чисто рационалистическая, машинная, электромеханическая, радиоактивная и вообще технологическая поэзия невозможна по одной причине, которая должна быть близка и поэту и механику: рационалистическая машинная поэзия не накапливает энергию, не дает ее приращения, как естественная поэзия, а только тратит, только расходует ее. Разряд равен заводу. На сколько заверчено, на столько и раскручивается... Машина живет глубокой и одухотворенной жизнью, но семени от машины не существует». (Россия, 1922, № 2, с. 23—24.)

²⁶ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 1, с. 75.

Сергей Николаевич Виноградский

К 100-летию открытия хемосинтеза

Г. А. Заварзин



Георгий Александрович Заварзин, член-корреспондент АН СССР, микробиолог, заведующий лабораторией литотрофных бактерий Института микробиологии АН СССР. Область научных интересов — изучение многообразия микроорганизмов и трансформации неорганических веществ бактериями. Занимается изучением хемосинтеза. Лауреат премии им. С. Н. Виноградского АН СССР. Член редколлегии журнала «Природа».

Удивительно, что имя Сергея Николаевича Виноградского, портрет которого есть в любом современном учебнике общей микробиологии, на идеи которого до сих пор продолжают ссылаться в научных статьях, почти неизвестно широким кругам образованных людей, хотя гораздо менее значительные «охотники за микробами» нашли свое место в наборе знаний образованного человека.

Он не получал Нобелевской премии, именем его не названы улицы и институты. Зато специалисты до сих пор обсуждают его идеи, Академия наук СССР раз в три года присуждает премию его имени, в 1987 г. Федерация европейских микробиологических обществ большим симпозиумом отметит столетие сделанного им открытия хемосинтеза. Столетие актуальности, злободневности экспериментальных работ — это, конечно, исключительное событие в быстро развивающейся области биологии. Причина этого в том, что Сергей Николаевич Виноградский не только сделал важные открытия, но и сформировал мировоззрение, которому, через промежуточные работы, следуют и те, кто плохо знает его источник и воспринимает это мировоззрение как само собой разумеющееся.

Виноградскому принадлежит целый ряд экспериментально доказанных положений.

Он установил, что жизнь микроорганизмов определяется термодинамикой их энергетического обмена; открыл хемосинтез — окисление микроорганизмами неорганических соединений, что стало лучшим доказательством этого принципиального положения.

Разработанный им метод элективных (избирательных) культур позволяет целенаправленно обнаруживать микроорганизмы с определенными свойствами. Этот метод составляет сегодня основной прием в общей микробиологии и генетике микроорганизмов (сам Виноградский применил его для выделения ряда физиологических групп микроорганизмов).

Он сформулировал основные положения экологии микроорганизмов, в первую очередь почвенных. Это наследие Виноградского стало развиваться только в последние годы, когда экология и системный подход к глобальным процессам по своему значению приблизились к молекулярно-генетическому направлению.

Но даже этот неполный перечень выдающихся открытий лишь преуменьшает значение Виноградского для современного



СЕРГЕЙ НИКОЛАЕВИЧ ВИНОГРАДСКИЙ
1(13)IX. 1856—24 II. 1953.

естествознания. Общая микробиология, выделившаяся в самостоятельную научную дисциплину только в конце прошлого столетия, восприняла подходы Виноградского как отправную точку в своем мышлении, и поэтому его влияние гораздо глубже и шире, чем можно было бы предположить, исходя из его конкретных работ. Вместе с голландцем М. Бейеринком Виноградский создал экспериментальное направление в микробиологии, выдвинувшее эту науку на передовые рубежи естествознания XX в. Действительно, основу современного естествознания составляет системный подход к круговороту веществ в природе. Этот круговорот осуществляется определенными группами микроорганизмов. Виноградский и Бейеринк в наибольшей степени способствовали открытию

этих групп, в результате чего ботанико-зоологические исследования XIX в. породили нечто принципиально новое — биогеохимию.

Как сказано, 100 лет открытия хемосинтеза Виноградским официально отмечается в 1987 г., и, вероятно, разумнее отмечать юбилей научной теории или открытия, чем дату рождения ее творца. Однако если дату рождения человека можно установить с большой точностью, то дата рождения теории гораздо менее определена, поскольку ее формирование растягивается на годы.

И Виноградский, и Бейеринк принадлежат к поколению профессиональных ученых. Они работали и писали для профес-

сионалов-микробиологов, способных понять и идею, и ее экспериментальное доказательство. Популяризация и просветительство Виноградскому были совершенно чужды. Даже в самых критических жизненных обстоятельствах он любыми способами старался избавиться от такой задачи. Но это не все: есть много крупных ученых, которые нашли своих проповедников, хотя сами никогда не популяризовали свои идеи.

Виноградский, как и И. И. Мечников, значительную и плодотворную часть своей жизни провел за границей. Относительно короткий период его работы в Петербургском институте экспериментальной медицины — знаменитом ИЭМе, директором которого он был до 1905 г., — закончился внутренним крахом и вынудил его надолго уйти от научной работы. Вероятно, Виноградский не вернулся бы к ней. Но оставшись в 20-х годах без средств к существованию, уже почти семидесятилетним, он нашел силы вновь прийти в науку, сохранив ясность и свежесть мышления вплоть до своей смерти в 1953 г.

В последние 20 лет своей жизни Виноградский работал в Институте Пастера на небольшой станции под Парижем. Это обстоятельство и побуждает одних считать Виноградского если не космополитом, то во всяком случае интернациональным достоянием, а других не настаивать на его принадлежности к русской науке. Обе стороны неправы: Виноградский — просто крайний случай ученого-одиночки, крайний случай индивидуализма как в научном творчестве, так и в психологическом плане. Этот глубоко русский ученый и во Франции, и в Швейцарии замыкался в лабораторной скорлупе, отстраняя от себя внешний мир. Во всех отношениях жизнь и работа Виноградского представляет несомненный интерес для понимания внутренних мотивов научного творчества.

Биографы знаменитых исследователей обычно обращают внимание на развитие личности. На самом деле такой подход должен быть дополнен горизонтальным срезом через определенную эпоху. Ведь деятельность ученого не только раскрывает его внутренние возможности, но и отражает современное ему состояние знаний и, главное, обсуждаемых идей. Относительно легко проследить по биографии интересы ученого, восстановить по отрывочным воспоминаниям этапы его личной жизни, облик, впечатления современников. Гораздо труднее понять, что послужило толчком к тому или иному открытию и

что побудило заняться определенным вопросом. Для Виноградского, человека очень замкнутого, тщательно убравшего в своих работах все лишнее, это было бы вдвойне трудно, если бы не то обстоятельство, что в истории микробиологии конец XIX в. был необычайно ярким.

И, обращаясь к истории, мы вправе сказать, что в 80-х годах нужно праздновать столетие русского естествознания. Казалось бы, конец XIX в. — наиболее изученный период интеллектуальной жизни России, освещенный и гениальными писателями, и композиторами, и острым движением социальной мысли. Но почему-то в тени осталось русское естествознание, которое оказало большее, чем когда-либо, влияние на мировую науку. Влияние это либо не осознается, либо замалчивается. Между тем движение естественнонаучной мысли в России в этот период прошло ряд быстро сменяющихся четко очерченных этапов. Время ученичества — 60-е годы — дало свои плоды: поколение русских ученых, подготовленных русскими профессорами. Это было интеллектуальное движение всего общества. Именно тогда русская национальная школа дала систему идей, которая ярко проявилась в учении В. И. Вернадского о биогеохимии, на самом деле составляющее достояние целого направления, из которого вышел и сам Вернадский.

Чтобы понять это время, обратимся к началу 80-х, когда и Виноградский и Вернадский учатся в Петербургском университете у одних и тех же профессоров. Сравнить жизнь этих двух великих людей весьма поучительно. Трудно представить себе более контрастные натуры при большом сходстве начала жизненного пути. Оба они из состоятельных семей юга Российской империи. Отцы их достигли благосостояния, даже богатства, будучи директорами банков: у Виноградского — в Киеве, у Вернадского — в Харькове. Оба обеспечили свои семьи, став землевладельцами. И Виноградский, и Вернадский лишились отцов вскоре после окончания классической гимназии. И оба в качестве протеста против изучения древних языков обратились к естествознанию. И тот, и другой были работоспособны и целеустремленны с гимназических лет. Однако если Вернадский и гимназист, и студент все время расширял круг знаний и интересов, то Виноградский, напротив, старательно ограничивал свою задачу областью, в которой он мог достичь выдающихся успехов. Причина этому — в разном психологическом складе и в жиз-

ненном опыте юности: Вернадский пошел в университет прямо из столичной гимназии, а путь Виноградского был много сложнее.

Родился Сергей Николаевич Виноградский 1(13) сентября 1856 г. в Киеве. Отец его, Николай Константинович Виноградский, был чиновником, но вскоре стал директором двух киевских банков. Мать, Наталия Викторовна Скоропадская, светская красавица, немало времени уделяла музыкальному образованию детей. Памятуя о гениальных виртуозах того времени — Николае и Антоне Рубинштейнах, родители полагали, что главное в этой профессии — принуждение с детства по принципу «стерпится — слюбится». И вправду, старший брат Александр стал не только директором банка, но и директором Киевской консерватории, оставшись в памяти современников как необычайно эмоциональный дирижер. Сергей, напротив, с детства был замкнутым, но музыка навсегда вошла в его жизнь как противовес научной логике.

Гимназия с преподаванием классических языков внушила глубокое отвращение и горечь, что не дала достаточного математического образования, без которого, как уже в старости писал Виноградский, невозможно овладеть математикой в зрелом возрасте. Виноградский — пример естествоиспытателя-классика, не применявшего математики в своей работе, — считал, что она дала бы ему возможность двинуться в науке иначе.

По окончании гимназии в 1873 г. он поступил было на юридический факультет Киевского университета, но одновременно начал слушать и естественные дисциплины и месяц спустя перешел на естественное отделение физико-математического факультета. Мотивировка такого интереса удивительно совпадает и у Виноградского, и у Вернадского: гимназисты чувствовали неполноценность своего образования, и как же после «нигилистов-естественников» 60-х годов оказаться ограниченным гуманитарными знаниями?! Движение шло от противного, от протеста. Естественно, что на такой протест была способна лишь лучшая, наиболее самостоятельно мыслящая часть молодежи, и поэтому реформа школьного образования добилась обратного — пополнения естественных факультетов лучшими выпускниками гимназий, для реалистов этот путь оказался закрытым, и они шли в прикладные инженерные учебные заведения.



С. Н. Виноградский. 1890-е годы — время открытия хемосинтеза.

Но Киевский университет не удовлетворил Виноградского, а тут подоспели успехи на поприще музыкального любительства. Виноградский решил стать пианистом-исполнителем и в 1876 г. поехал поступать в Петербургскую консерваторию. Он упорно занимался, был на хорошем счету у профессоров, но постепенно понял, что есть «музыканты милостью божией», а он не из их числа. Вслух Виноградский сказал, что не может жить одними эмоциями, что не может смешаться с массой необразованных музыкантов, что он нуждается в работе ума (потом, оглядываясь на всю свою длинную жизнь, Виноградский констатировал, что периоды увлечения музыкой всегда совпадали у него с ослаблением научного творчества).

И Виноградский круто повернул жизнь: неудавшийся виртуоз в 1877 г. поступил на II курс естественного отделения Петербургского университета. К этому времени он женился на Зинаиде Александровне Тихоцкой, глубоко преданной ему, самоотверженной женщине; у него одна

за другой рождались дочери и, хотя он был материально обеспечен доходами с отцовского наследства, места в жизни еще не нашел. А Виноградскому нужны были положение и репутация. Почему? Что заставляло этих обеспеченных людей пренебрегать семьей, увеличением благосостояния, заставляло каторжню трудиться без материального вознаграждения? Почему целое поколение «взяло такую складку», как писал Виноградский? Очевидно, таково было общественное сознание в России в тот период и естественно, что оно и дало богатые плоды.

Попав в университет, Виноградский не позволяет себе разбрасываться, а сосредоточивается на одном, где он может добиться наибольших успехов. В университете под влиянием лекций профессора университета ботаника А. Н. Бекетова Виноградский заинтересовался ботаникой и поступил на кафедру к «добрейшему Андрею Сергеевичу Фаминцыну» — первому русскому ботанику, избравшему своей специальностью физиологию растений. Бекетов, Фаминцын и его друг «симпатичнейший М. С. Воронин» — знаменитый миколог, на средства которого была построена во дворе Петербургского университета лаборатория, — импонировали Виноградскому в чисто личном плане. «Петербургский университет того времени в физико-математическом факультете на его естественном отделении был блестящим. Менделеев, Бекетов, Докучаев, Фаминцын, М. Богданов, Вагнер, Сеченов, Овсянников, Костычев, Иностранцев, Воейков, Петрушевский, Бутлеров, Коновалов оставили глубокий след в истории естествознания в России¹. Одно перечисление этих имен дает достаточно четкую картину направления научной мысли в России того времени. Обучение, сдача экзаменов и студенческих, и, в особенности, магистерских в такой глубоко профессиональной среде дали Виноградскому фундаментальную подготовку.

По окончании университета в 1881 г. Виноградский был призван на военную службу, получил унтер-офицерские «лычки», и тут перед ним стал вопрос, что делать дальше. Оставленный при университете для подготовки к профессорскому званию, Виноградский не хотел быть обреченным читать какой-нибудь «курсик». Подумав, он, кажется, по совету Х.-Я. Гоби, осенью 1885 г. двинулся в Страсбург к

Г.-А. Де Бари². Выбор был не случайным. В свое время у Де Бари стажировался и Фаминцын.

В лаборатории Де Бари Виноградский с осторожностью приглядывается к необычному для него ритму работы немецких коллег. В Германии того времени очень поощрялось присутствие иностранных студентов, особенно из России. Считалось, что такое совместное обучение укрепляет связи иностранцев с немецкой наукой и Германией вообще, так что отношение было самым дружественным. В качестве объекта исследований Виноградскому были предложены серные бактерии, которые находились тогда в центре внимания в связи с учением о плеоморфизме, т. е. о якобы очень большой изменчивости бактерий, при которой один вид их при соответствующих условиях превращался в другой. Это было следствием несовершенной техники того времени.

Виноградский избрал консервативный, традиционный для его школы путь. В свое время Фаминцын использовал микрочувствительные водоросли и иодную пробу на крахмал, которую Ю. Сакс³ применял одновременно для высших растений, для изучения физиологии фотосинтезирующих организмов. Точно таким же путем пошел и Виноградский. Он терпеливо (по 100 суток!) наблюдал за нитями серных бактерий, добавляя им сероводородной воды из источника. В применявшихся условиях микроскопирования хорошо были видны нити бактерий и резкие капли серы в них; посторонние организмы, особенно мелкие палочки, при таких условиях не наблюдаются. «Для чего им столько серы?» — восклицал Де Бари, обходя студентов. Как-то раз, на прогулке по берегу канала, у Виноградского мелькнула мысль, что сера у этих бактерий играет роль запасного вещества, аналогичного крахмалу. Дальнейшие опыты убедили Виноградского, что его предположение справедливо. Так был открыт способ питания бактерий неорганическими веществами. Считается, что это и было датой открытия хемосинтеза.

² Генрих-Антон Де Бари, немецкий ботаник, специалист по водорослям и грибам. Х.-Я. Гоби предлагал отнести бактерии к группе «дробянок» водорослей (Cyanophyceae). В настоящее время эти синезеленые водоросли отнесены к бактериям под названием цианобактерии.

³ Юлиус Сакс, немецкий физиолог растений, использовавший иодную пробу на крахмал (опыт, который до сих пор ставят в школах) для изучения фотосинтеза.

¹ Страницы автобиографии В. И. Виноградского. Сост. Н. В. Филиппова. М., 1981, с. 29.

(Статьи на эту тему были опубликованы в 1887 г.)

Так ли это? Сам Виноградский не сомневался в справедливости своих заключений, но он никогда больше не возвращался к серобактериям. Сейчас полагают, что в клетках нитчатых серобактерий сера образуется, скорее всего, в результате побочных реакций. Вскоре были открыты и очень мелкие палочки, которых Виноградский не мог наблюдать в своих микрокультурах, — тионовые бактерии. Но, пожалуй, важнее, чем эта поздняя оценка, был взгляд современников.

Д. И. Ивановский, знаменитый основатель вирусологии и соученик Виноградского по кафедре Фаминцына, в 1919 г. издал учебник физиологии, в котором, следуя фаминцынской традиции, изложил материал в историческом аспекте. В нем он лишь одной «дежурной фразой» упоминает о работе Виноградского с серобактериями, хотя очень подробно говорит о последующих работах: «Первый случай (хемосинтеза) установлен С. Виноградским у так называемых селитренных бактерий, окисляющих аммиак в азотную кислоту...»⁴ Очевидно, для учеников Фаминцына первоначальный подход «йодной пробы Сакса» перестал казаться доказательным. Тем не менее, основываясь на неполных и, возможно, неточных данных, Виноградский пришел к правильной и плодотворной идее. Идея использования неорганического вещества как энергетического субстрата была побочным результатом морфолого-систематического исследования⁵. И тем не менее оно привело Виноградского к принципиальным положениям, составившим основу его представлений о мире микробов.

В то время шел спор между мономорфистами и полиморфистами. Высказывания Виноградского на эту тему широко известны, и их легко найти в собрании его сочинений «Микробиология почвы»⁶. Де Бари был убежденным мономорфистом, и Виноградский приступил к работе с уже предвзятой идеей и задачей доказать ее правильность.

Но лучше дать слово современникам Виноградского, которые оценили ситуацию со стороны: «Когда под влиянием неумолимых по своей доказательности исследований Пастера (1862), это мнение (о самозарождении микробов из органического вещества. — Г. З.) было, наконец, оставлено, возникло новое учение о так называемом плеоморфизме микробов, согласно которому эти организмы не подчиняются другому биологическому закону — закону постоянства формы. Принимали, что все бактерии образуют один или несколько видов, и самые различные из них по форме и физиологическому действию могут взаимно переходить друг в друга. Понятно, что эти представления делали совершенно невозможным физиологическое исследование, так как экспериментатор не имел гарантии в неизменности исследуемого объекта»⁷. Несмотря на работы Л. Пастера, доказавшие специфичность возбудителей брожений, и школы Р. Коха, доказавшие строгую специфичность возбудителей болезней, в 1880-х годах учение о плеоморфизме еще имело многочисленных сторонников. Поэтому тщательные морфологические исследования Виноградского, доказывающие отсутствие плеоморфизма у водных серобактерий, произвели глубокое впечатление и были с одобрением встречены в Институте Пастера. Кроме того, эти наблюдения породили и другой подход — прямой метод в экологии микроорганизмов, развитый впоследствии Н. Г. Холодным, Б. В. Перфильевым и самим Виноградским в поздний период его деятельности.

Учение мономорфизма в первую очередь касалось формы организма, которая в ту пору составляла основу классификации бактерий. Однако важнее для оценки роли «бесконечно малых» в природе было постоянство и специализация их физиологических функций.

В начале 1880-х годов повышенный интерес вызывал цикл азота. В 1882 г. О. Гюйон и О. Дюпети открыли денитрификацию, т. е. превращение бактериями нитратов в свободный азот и его летучие окислы. Открытие это вызвало оживленное обсуждение: казалось, что такие бактерии могут уничтожить нитраты в почве и лишиться их плодородия. Но было хорошо известно, что и нитраты образуются биологическим путем при разложении азотистых

⁴ Ивановский Д. И. Физиология растений. Изд. 2-е. М., 1919, с. 116, с. 179.

⁵ Впоследствии Виноградский, казалось, совсем отошел от систематики, но в своей предсмертной работе (Winoogradsky S. Sur la classification des bacteries.— Annales Inst. Pasteur, 1952, t. 82, p. 125—131) он изложил принципы, которые пришлось много лет спустя положить в основу 8-го и 9-го изданий «Определителя бактерий Берги».

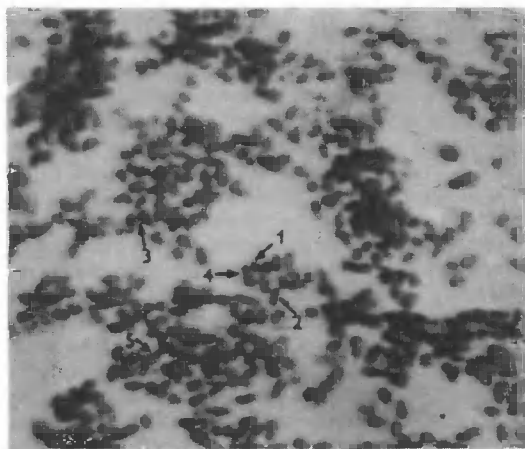
⁶ Виноградский С. Н. Микробиология почвы. Проблема и методы. М., 1952, с. 792. Русский пер. под ред. и с предисл. А. А. Имшенецкого.

⁷ Ивановский Д. И. Цит. соч., с. 121.

органических веществ. Поэтому и микробиологи того времени, в том числе сам Пастер, думали, что нитрификация, подобно денитрификации, вызывается малоспецифичными организмами, «бесчисленными зародышами, содержащимися в почве».

К тому времени у Виноградского уже сложилось решение этой задачи, но работать ему было негде — Де Бари умер. Сознавая недостаточность своей химической подготовки, Виноградский перебрался в 1889 г. в Цюрих, где посещал практические занятия по аналитической и органической химии. Одновременно он начал выполнять задуманную им работу по нитрификации, в которой микроскопический метод играл подсобную роль, а основным был химический анализ. Уже тогда было ясно, что нитрификация — процесс биологический, но возбудители его не были известны. Виноградский предположил, что их свойства могут быть аналогичны серобактериям и соответственно построил свою работу.

Как яростно ни осуждал Виноградский тогда или после, в течение всей своей жизни, методы школы Коха, здесь он подчинился ее принципиальным требованиям к чистоте культуры. Это была на редкость трудная работа. И сейчас выделение чистой культуры нитрификаторов по уже разработанной методике свидетельствует о высокой квалификации микробиолога. А в те времена все привычные микробиологические методы были просто непригодны для выделения нитрификаторов: доказательством чистоты культуры нитрификаторов служило отсутствие роста на обычных бактериологических средах. Культуры нитрифицирующих организмов, собственно говоря, нельзя было даже называть культурами в привычном смысле слова: о росте можно было судить лишь по химическим изменениям, происходящим в среде. Используя химический анализ, Виноградский доказал, что нитрифицирующие организмы всю энергию для роста получают от окисления неорганических соединений: аммония в нитриты, а нитритов — в нитраты. Так был строго доказан новый способ существования живых существ за счет энергии окисления неорганических соединений. Микрофотографии этих новых организмов Виноградскому сделал скромный швейцарский любитель Мюллер. Микрофотографии действительно великолепны, на них можно различить характерные признаки — почкование — у этих очень мелких бактерий. Рабочее напряжение было настолько велико, что Виноградский, который в это



Фрагмент увеличенной микрофотографии нитрифицирующих бактерий, сделанной Мюллером. Стрелки и цифры на фотографии соответствуют стадиям развития этой почкующейся бактерии.

время заканчивал главную статью о нитрификации, даже не очень прореагировал, когда в соседней комнате жена родила любимую дочь Елену, правда, четвертую по счету. Только теща заставила его «вернуться к деятельности».

Статья заканчивается знаменитыми формулировками: «...органическое вещество на земном шаре образуется при жизнедеятельности живых существ не только в процессе фотосинтеза, но и в процессе хемосинтеза».

В итоге возбудитель нитрификации представляется мне обладающим примечательными свойствами, позволяющими рассматривать его как новый в науке физиологический тип. Свойства эти сводятся к следующему:

- 1) развитие в чисто минеральной среде в присутствии неорганического вещества, способного окисляться;
- 2) вся жизнедеятельность теснейшим образом связана с наличием этого вещества, каким в случае нитрификации является аммиак;
- 3) окисление этого вещества является единственным источником энергии;
- 4) отсутствие потребности в органическом питании как в источнике пластического материала и энергии;
- 5) неспособность разлагать органические вещества, их присутствие лишь тормозит развитие организмов;
- 6) единственным источником углерода является ассимиляция углекислоты газа в процессе хемосинтеза.

С полным основанием можно заметить, что совокупность вышеупомянутых свойств присуща не одной лишь нитромонаде и что открытые мною бактерии, окисляющие серу и закисное железо, принадлежат к тому же физиологическому типу»⁸.

Статья была опубликована в «Анналах Пастеровского института» в 1890 г. За ней последовало несколько других. Имя Виноградского как способного исследователя было уже известно. Он вполне сознавал значение сделанной им работы и ждал реакции на публикацию. Реакция превзошла все, на что он рассчитывал. Французская микробиологическая школа признала его как одного из самых выдающихся экспериментаторов. Последовало переданное через Мечникова предложение работать в Пастеровском институте на любых условиях. «Впрочем, — добавил Мечников, — какие там условия! Я хорошо знаю, на что можно рассчитывать». Финансовое положение института было тогда, действительно, не блестящим. Виноградский съездил в Париж и усомнился в целесообразности перехода.

Одновременно пришло через Фаминцына предложение принца Александра Петровича Ольденбургского, который организовал в Петербурге Институт экспериментальной медицины. Этот период вообще примечателен в истории русского естествознания. Организация научных учреждений начинается как общественная инициатива. Принц Ольденбургский, боевой генерал и бывший командир гвардейского кавалерийского корпуса, выступал здесь именно как представитель обществу, пользуясь своим положением члена императорской фамилии. Институт экспериментальной медицины предполагал директорство Мечникова. «Но проученный одесским опытом и зная как трудна борьба с противодействиями, — вспоминал Мечников, — возникающими без всякой разумной причины со всех сторон, я предпочел поехать за границу и найти там себе тихий приют для научной работы»⁹. Пришлось искать замену Мечникову, и ею оказался Виноградский, очень далекий от медицины.

Виноградский ответил в Париж, что «опасается, как бы молодое русское учреждение не стало влачить жалкое существование по недостатку научных работников. С этим соединялась еще не по-

тухшая тяга на Родину, желание жить среди русских, делать науку на русском... Мысль привлекала, что буду пристроен к службе и сразу обретаю права ординарного профессора и это без всякого обязательства преподавания»¹⁰.

Так закончилась эпоха жизни Виноградского, известная как страбургский и цюрихский периоды. Сам он оценивал их как время работы ученого-любителя, подвизающегося в чужих лабораториях и из любезности допущенного к работе. Полная самостоятельность и независимость Виноградского от зарубежных научных школ особенно видна в цюрихский период, когда внешние обстоятельства почти не имели значения для собственной работы, результатом которой и было открытие хемосинтеза. Если стажирование у Де Бари и шло в рамках определенной научной школы, то с открытием хемосинтеза Виноградский сам становится основателем школы, берущей свои истоки в круге идей ученых Петербургского университета 1880-х годов.

В зарубежной литературе о Виноградском утверждается, что он ничего не сделал в России, что талант его там погас. Это совсем не так. В Петербурге Виноградский стал редактором «Архива биологических наук» и начал организовывать отдел общей микробиологии. Первые работы его на новом месте были посвящены нитрификации, к которым он привлек химика В. Л. Омелянского, впоследствии академика. Виноградский продолжал работу по бактериальному циклу азота в природе, в которой были открыты свободноживущие анаэробные азотфиксаторы. Таким образом, Виноградский замкнул цикл бактериальных реакций превращения азота в природе: азотфиксация — нитрификация — денитрификация. Важнее, однако, что он обнаружил микроб с заданными свойствами, четко сформулировав принцип элективных (избирательных) культур. Это настоящее существенный этап в развитии микробиологии, что стоит целиком цитировать Виноградского.

«Найти в почве определенные виды таких микробов, избобрести наиболее простые условия опыта, которые позволили бы продвинуть изучение замечательной способности усвоения свободного азота, — вот в чем заключалась главная цель моих исследований», — писал Виноградский в

⁸ Виноградский С. Н. Микробиология почвы, с. 169.

⁹ Мечников И. И. Страницы воспоминаний. М., 1946, с. 85.

¹⁰ Виноградский С. Н. Дневники. Архив АН СССР, ф. 1601, оп. 1, № 25.

1895 г. «Как и в моих предшествующих работах с почвенными микробами, я сразу обратился к методу элективных культур, оказывавшему мне уже много раз большие услуги. Этот употребляемый мною здесь в первый раз термин можно объяснить несколькими словами.

Культура является элективной, когда она представляет благоприятные условия для проявления максимально ограниченной функции. Чем более узкими, в своем роде исключительными, будут такие условия, тем благоприятнее окажутся они для обладающего данной функцией вида, который получит возможность развиваться за счет посторонних микробов, так как для последних жизнь в подобной среде станет затруднительной... Заметим, что в принципе данный метод представляет полную противоположность общепринятому, основанному на применении среды, считавшейся еще недавно универсальной»¹¹.

Отсюда видно, что элективный метод представляет такое же мощное средство, как плотные (агаризованные) среды, и даже более того, потому что логические предположения, заложенные при составлении элективной среды, задают свойства микроба, который вырастет на этой среде. Например, для выделения азотфиксирующих микроорганизмов применяется безазотистая среда, для выделения нитрификаторов — среда с солями аммония как единственным источником энергии, для выделения целлюлозоразлагающих микробов — среда с целлюлозой как единственным источником углерода. Плотные среды, в противоположность элективным, позволяли выделить случайную или массовую форму, и много усилий было положено, чтобы получить рецептуру «универсальных» плотных сред.

Последовательное применение элективного метода многими поколениями микробиологов и дало возможность получить все то многообразие культур бактерий с их многочисленными специфическими функциями, составляющее основу наших знаний о круговороте веществ в природе. Элективный метод настолько вошел в сознание современных биологов, что кажется само собой разумеющимся. Но это было не так в конце XIX в. Например, известный впоследствии микробиолог академик Г. А. Надсон свою магистерскую диссертацию «Микроорганизмы как геологические деятели» посвятил доказательству по-

ложения, что специфичны лишь условия, но не микроорганизмы. Это положение, при всем уважении к Надсону, встретило позже резкое противодействие со стороны очень разных по складу микробиологическоеиспытателей: Б. Л. Исаченко, Н. Г. Холодного, Б. В. Перфильева.

В Петербурге же Виноградский начал исследования по циклу углерода в природе. Первой в этой серии была работа совместно с В. Л. Фрибесом о разложении пектина, которая нашла свое практическое продолжение в применении этих организмов для мочки льна. Следующим значительным этапом было исследование разложения клетчатки в анаэробных условиях, выполненное В. Л. Омелянским по заданию Виноградского. Эта работа носит на себе столь отчетливое влияние Виноградского, что по современным нормам она, вероятно, появилась бы под двумя фамилиями, но в XIX в. нормы были иными. Метод Виноградского не замедлил дать плоды: один за другими описывались новые хемосинтезирующие организмы: в Одессе А. Ф. Лебедев нашел бактерий, окисляющих водород, и одновременно это же сделал в Германии Г. Казерер, в Неаполе Т. Натансон описал тионовых бактерий, окисляющих тиосульфат, и они оказались совершенно соответствующими тому физиологическому типу хемосинтетиков, который открыл Виноградский.

Влияние мировоззрения Виноградского быстро расширялось. Чтобы понять, какую именно микробиологию создал Виноградский, проще всего обратиться к учебнику микробиологии, написанному его ближайшим учеником В. Л. Омелянским¹². Сам Виноградский избегал писать что-либо не оригинальное. Химик Омелянский учился микробиологии у Виноградского и, когда освоил ее, захотел выразить сумму своих знаний. Учебник получился очень живой и строго логичный, отражающий мировоззрение, созданное Виноградским. Потом этот учебник дополнял Б. Л. Исаченко, и по нему учились поколения русских микробиологов, пока в последнее время им на смену не пришли переводные учебные курсы. Таким образом, мировоззрение Виноградского оказалось достоянием целых поколений микробиологов в нашей стране.

А сам Виноградский? Наступил кризис, потому что Виноградский взялся не

¹¹ Виноградский С. Н. Микробиология почвы, с. 344.

¹² Омелянский В. Л. Основы микробиологии. Изд. 1-е: СПб, 1909; изд. 10-е: М., 1941.

за то дело, к которому он — ботаник, химик, естествоиспытатель — был подготовлен.

В то время России угрожала эпидемия чумы, и случилось так, что Виноградский был единственным, кто успел прочитать статью А. Йерсена о выделении возбудителя чумы. Принц Ольденбургский тут же командировал Виноградского в Институт Пастера к его французским друзьям за культурой чумной палочки «спасать Россию». Виноградский съездил, привез, и некоторое время он — почвенный микробиолог, не имевший медицинской подготовки, — проводил опыты по дезинфекции прямо во дворе ИЭМа, культивировал организм, получал противочумные сыворотки. В биографиях Виноградского этот период совсем не освещен. Никто не сделал вывода из того обстоятельства, что из двух сотрудников Виноградского один был В. Л. Омелянский, а второй — Д. К. Заболотный, признанный лидер исследований по чуме у нас в стране, впоследствии академик, президент Украинской Академии наук. В популярной литературе есть множество описаний самоотверженности медицинских микробиологов в «чумном фронте» — гранитной крепости среди Финского залива, но нигде даже не упоминается, что начал эту работу Виноградский, что Заболотный учился микробиологии у него, что директором ИЭМа в эту пору был Виноградский.

Итак, одной из причин кризиса было то, что Виноградский, как он сам впоследствии оценивал это, «занялся не своим делом». Второй причиной кризиса стало директорство. Многие ученые при ослаблении творческих возможностей находят удовлетворение в организационной работе, в представительстве. От последнего Виноградский сразу же, как он сказал, «эмансипировался». Служба на высоком уровне, включая стычки с С. Ю. Витте, некоторое время тешила его, но недолго.

С начала XX в. и правительство России осознало необходимость развития научных исследований. Если в 1893 г. В. И. Вернадский в письме жене писал: «Я считаю печальной чертой русской теперешней жизни странное и непонятное для меня отношение к науке как к роскоши», то в 1908 г. он писал ей из Англии: «Развитие научной работы здесь идет очень неравномерно, и те отрасли знания, которые требуют дорогих инструментов, сильно отстают, пока не найдутся выдающиеся лю-

ди, которые вызовут частные или государственные средства. Но пока в качестве возможностей в России дело обстоит лучше. У нас только меньше производительность научной работы, быстро теперь поднимающаяся»¹³.

Сходное пишет Мечников в 1913 г.: «...теперь Россия не может пожаловаться на недостаточность научных учреждений, хотя бы еще не достигших идеального совершенства»¹⁴.

Еще точнее высказывался академик А. Н. Крылов — председатель Морского технического комитета, прототип ученого-администратора: для производства в следующий чин, кроме очевидных заслуг, нужно было «удостоение начальства».

Став директором, Виноградский благодаря поддержке принца Ольденбургского мог быть уверен в «удостоении начальства». Карьера его была обеспечена. И тем не менее ему стало душно. Человек гордый и независимый, он не мог смириться с необходимостью согласовывать свое суждение с порывами А. П. Ольденбургского, становясь лишь исполнителем его воли. Кризис Виноградского очень похож на многие кризисы в жизни ученых: навязанная, а не выросшая органически из своей работы, тема; административные обязанности с мало привлекающим творческого человека представительством; невозможность сосредоточиться на своей работе, которая требует полного погружения в нее; сознание всей суетности внешних отличий по сравнению с утраченным счастьем творчества.

Поражения в русско-японской войне и последовавшие события были последним толчком, побудившим Виноградского отказаться от работы в ИЭМе, отказаться от научной работы вообще, так как он не чувствовал себя способным сказать новое слово, и уйти в частную жизнь — доживать. Отдел в ИЭМе он передал В. Л. Омелянскому, а после его смерти рекомендовал Б. Л. Исаченко. Отдел этот и был центром всей микробиологии у нас в стране вплоть до его упразднения в 30-х годах. Виноградский был материально независим; оставшееся ему от отца имение под Проскуровым, связанное с сахарными заводами, давало доход, многократно превосходивший профессорское жалование. Дочери уже выросли. Летом Виноградский занимался хозяйством, а зимой уезжал в Швейцарию, где построил себе швейцар-

¹³ Вернадский В. И. Страницы автобиографии. М., 1981, с. 223.

¹⁴ Мечников И. И. Цит. соч., с. 13.

ский домик — шале. Кстати, домик этот был провозвестником современного направления в сельской архитектуре. Он был оборудован септиктенком, где обеззараживались бытовые стоки, а затем использовались как удобрение и для полива.

От этой жизни его пробудила война. Первые кавалерийские стычки ее были вблизи имения, но затем фронт ушел на запад. Когда при Временном правительстве Южный фронт рухнул, Виноградский оказался в Одессе, и после ряда мытарств он, член-корреспондент Французской Академии, уехал в Швейцарию. Нужно было зарабатывать на жизнь. К большому своему изумлению он узнал, что имя его не забыто в науке, и профессора Виноградского приглашают к себе университеты Болгарии, Чехословакии, Югославии. Он выбрал последнюю. Во всех этих странах жизнь только организовывалась, научные учреждения в лучшем случае имели случайные помещения, студентов только собирали, своей профессуры не было, и русские пока находили там место.

Пожалуй, здесь происходит самое удивительное в жизни Виноградского. Почти семидесятилетний старик, на пятнадцать лет совершенно оторвавшийся от науки, в очень короткий срок нашел в себе силы вернуться в науку и, более того, на многие годы опять стать ее лидером и создателем нового направления, которое он сам называл экологией микроорганизмов. Выражаясь языком современных нам диссертаций, актуальность этого направления не вызывает сомнений.

В Белграде Виноградский, прорабатывая реферативный журнал по бактериологии, с удивлением обнаружил, что идеи, высказанные им, его методические приемы, его общая концепция стали фундаментом нового научного направления и, соответственно, возросло и значение его имени. Это нередко бывает в науке, когда репутация растет, хотя автор уже перестал активно работать, не публикуется и становится классиком, а не современником, с которым можно спорить. Виноградский был вправе сказать, что за время его отсутствия не произошло принципиальных перемен.

Приближалось время преподавания, и Виноградский решил написать своему давнему другу Э. Ру в Институт Пастера с просьбой узнать, нет ли возможности найти работу во Франции. Скоро пришел ответ, что Институт Пастера с радостью при-

мет Виноградского заведующим отделом почвенной микробиологии, организованном для него. Давние связи и возросшее значение имени дали свои результаты — на многие годы жизненный путь оказался определенным. Виноградский переехал в Париж, и после ряда поисков лаборатория была организована в принадлежащем Институту заброшенном имении в Бри-Конт-Робер, где Виноградский вполне мог удовлетворить свою склонность к сельской жизни. В первое время в уединении профессор учился как студент, но скоро он восстановил технику, и встал вопрос о программе работы.

1920-е годы, подобно 1880-м, были ознаменованы резким всплеском творческой мысли русских ученых. В это время были опубликованы работы Вернадского о биосфере, развивалась биогеоценология, были начаты замечательные работы по генетике. Не вдаваясь в подробное перечисление, скажем, что для всей этой эпохи было характерно стремление к очень широкому обобщению, крупномасштабная мысль доминировала над экспериментированием, для которого не было условий в разоренных лабораториях.

Творческая деятельность Виноградского была прервана, когда он изучал свойства бактерий — катализаторов крупных геохимических круговоротов азота и углерода. К его возвращению в науку многое было сделано в начатом им пути, в особенности последователями М. Бейеринка. Виноградский не стал возвращаться к общей микробиологии, под которой он понимал изучение свойств чистых культур. Более того, он декларировал, что сколько бы ни выделяли чистые культуры из их естественных мест обитания, из суммы сведений о них нельзя построить правильное представление о деятельности микроорганизмов в месте их обитания — для этого нужны прямые методы изучения почвенной микрофлоры. Из этого не следует, что он проповедовал примитивный возврат к изучению биологических процессов без организмов, той микробиологии без микробов, которую иногда пытаются выдать сейчас за последнее слово науки. Нет, он считал, что такое изучение в стиле классических французских агрохимических работ прошлого века является лишь предвзвешенным условием для начала микробиологической работы, центр внимания которой обращен именно к организму.

Таким образом, если Вернадский только констатировал роль микроорганизмов в биогеохимических превращениях



На ферме в Бри-Конт-Робер: в центре сидит С. Н. Виноградский, слева — В. Ваксман, справа — З. Ваксман, стоят слева направо Е. Виноградская и К. Никитина. 50-е годы.

вполне в духе учения Пастера о роли «бесконечно малых», то Виноградского интересовало, какие именно организмы и как осуществляют геохимические превращения.

Чем был вызван сходный поворот мысли у двух великих естествоиспытателей, произошедший практически одновременно, но в соответствии с интересами, запасом знаний и темпераментом каждого? Вероятно тем, что они принадлежали и по образованию, и по традициям к одной и той же школе мышления, в истоках которой Вернадский прямо ставил Докучаева и Бекетова, а Виноградский, уклоняясь от указания источников, в своем творчестве несомненно нес следы их влияния. Поэтому неудивительно, что именно

в России прямые методы Виноградского нашли своих продолжателей в лице Н. Г. Холодного, Б. В. Перфильева, кстати, по своему складу таких же индивидуалистов.

Создавая экологическую микробиологию, С. Н. Виноградский обратился к своему испытанному селективному методу. На чашках с кремнекислым гелем он изучал сообщества микроорганизмов, развивающихся при аэробном разложении целлюлозы, на безазотистых средах, вокруг комочков почвы. Эти работы надолго определили направление исследований в почвенной микробиологии и нашли своих продолжателей у нас в стране.

Впрочем, недооцененным осталось то обстоятельство, что селективный метод позволяет выделить не столько отдельную культуру со специфическими свойствами, сколько подсистему в трофическом сообществе, ряд микроорганизмов, функционально связанных друг с другом. А для экологии микроорганизмов, как мне представляется, это едва ли не более важно,

чем чистые культуры. Виноградский призывал именно к тщательному изучению сообщества в элективной среде (которое большинство микробиологов стремится как можно скорее «проскочить»), откладывая самое выделение чистой культуры возбудителей на конец работы.

Однако генеральная линия развития микробиологии пошла все-таки по первоначально намеченному Виноградским пути выделения специфических физиологических групп микроорганизмов и изучения их чистых культур. Он и сам признавал, что без чистой культуры невозможно изучение физиологии и биохимии, а именно это направление и стало главным в микробиологии в середине XX в.

Изучая почвенные микроорганизмы, Виноградский стремился выделить постоянных обитателей почвы, автохтонную микрофлору, в противоположность быстро развивающимся организмам, которые первыми появляются в культурах микробиологов на свежих питательных средах. В общем эта микрофлора близка тем легко обнаруживаемым и массовым обитателям водоемов, с которых Виноградский начал свою научную деятельность, но которые до сих пор лишь отрывочно и с трудом исследованы в лабораторных культурах. Он далеко превосходил представление о стратегиях развития, употребляя лишь другую терминологию.¹⁶

Виноградский прожил очень долгую жизнь, работал до последнего дня, и если работы первого периода относятся к возникновению микробиологии, то работы последнего этапа были современны старшему поколению советских микробиологов, деятельность которого еще не вполне закончилась.

Нужно сказать, что в науке, микробиологии во всяком случае, некоторые общие идеи возникают с «шизофренической» цикличностью. Таковы, например, идеи плеоморфизма, самозарождения, непостоянства свойств бактерий, против которых Виноградский боролся в своих первых работах и которые возобновились в 20-е годы под названием циклогении. Виноградский яростно обрушился на них и разгромил их. Но свои идеи о неизменности свойств микроорганизмов он перенес из области морфологии и на физиологиче-



Последняя фотография С. Н. Виноградского. Публикуется впервые.

ские функции. Он был убежден, что в природе для каждой специфической реакции есть один специфический агент, например, что аэробную азотфиксацию осуществляет только азотобактер (хотя для открытых им нитрификаторов он допускал некоторое множество морфологически различных, но физиологически сходных форм, что относительно недавно полностью подтвердил американский исследователь С. Уотсон). Это убеждение Виноградского сказало на послевоенной микробиологии, когда лишь немногие организмы стали объектом детального физико-биохимического изучения, а многообразие форм отошло на задний план. Только в последние десятилетия стало ясно, что в природе одну и ту же функцию может осуществлять некоторое множество бактерий, заменяя друг друга в системе в зависимости от условий.

Взгляды Виноградского на систему бактерий во многом отличны от тради-

¹⁶ Кожевни П. А. Экология микроорганизмов: эксперименты в природе.— Природа, 1985, № 7.

ционных. Первые его работы были посвящены систематике серобактерий и были оформлены по обычному ботаническому канону. Предложенная им систематика оказалась удивительно устойчивой и лишь в недавнее время была дополнена выдающимся немецким микробиологом Н. Пфеннигом. Устойчивость этой системы свидетельствует о таланте Виноградского как систематика.

Между тем, уже начиная с работы по нитрификации, он неохотно обращался к систематике бактерий. Причина скрытого скептицизма его выявилась лишь в последней публикации: в 1952 г., за год до смерти, он опубликовал в «Анналах Пастеровского института» короткую заметку-рецензию на выход в свет очередного издания «Определителя бактерий Берги». Этот определитель, издаваемый Трестом Берги в США, обобщает работу бактериологов-систематиков всего мира и, безусловно, является самым авторитетным изданием такого рода. Выдающиеся микробиологи Р. Стениер и К. ван Ниль осудили систему Берги как искусственную: по их мнению, ее следовало бы изменить таким образом, чтобы представить «ясное признание естественных групп бактерий, их характеристик и отношений», и только замена «эмпиризма» «филогенией» сможет создать «естественную» систему.

К этим взглядам, под которыми, вероятно, подпишется подавляющее большинство, Виноградский отнесся с большой иронией: «не останавливаясь на критике этого нового проекта, заметим только, что квалифицируют как «естественное» то, что «основано на филогенетических данных».

«Начнем с вопроса, какой реальный смысл в выражении «естественная классификация», к которому обращаются чаще всего». Виноградский приходит к заключению, что легче всего перейти к научной классификации путем реставрации по биотипам, которые представляют наиболее ясные признаки. «Составленная из некоторого числа биотипов, окруженных их, так сказать, сателлитами, эта классификация была бы более простой, чем можно представить: искусственная система только усложняет вещи. Эти сложности удваиваются противоречивыми вопросами о роли филогении, всегда гипотетической и в которой трудно притти к соглашению, так же как и в способе определения вида, неизбежно предшествующего тому, что есть класс, порядок, или под-порядок, семейство, или под-семейство, или триба,

род, состоящий из множества видов, входящими тем не менее в определенные ключи»...

«Возможно, что некоторые микробиологи будут шокированы идеей упразднить линнеевскую классификацию в отношении привычки, что она служит всем классификациям. Тем не менее все работы, руководствующиеся правилами этой классификации, должны основываться на принципах филогении, которые нельзя применить к бактериям. Было бы корректнее ограничиться ее приложением к царствам животных и растений, где это вполне уместно, без попытки углубиться в сферу более простых форм жизни. Следует удовлетвориться тем, что бактерии позволяют систематизировать себя в виде групп, представленных Биотипами, которые хорошо различимы»¹⁶.

Несмотря на святую веру в необходимость филогении, которую проповедывал Р. Стениер, признанный лидер микробиологии 60—70-х годов, в последних изданиях «Определителя Берги» были все же вынуждены отказаться от иерархической систематики, признав тем самым правоту 96-летнего старца. Но удивительно и другое. Пятидесятилетие биологии в России, в которое работал Виноградский, прошло целиком под знаменем эволюционного учения. Виноградский к нему совершенно не обращался и нигде не апеллирует к эволюции. Его интересовал другой подход — сбалансированность процессов превращения веществ в природе под действием микроорганизмов — и в этом отношении он ближе всего к Вернадскому.

Во Франции, которая приютила его и дала лучшие условия для работы человеку такого темперамента и склада, вдали от суеты и интриг большого института, Виноградский оставался русским. Учеников-французов у него не было, хотя он и просил ассистента: его друг Э. Ру, директор Института Пастера, ответил, что в обескровленной Франции такой ассистент — «снятая птица». Таким образом, во Франции, как это случилось и с другими менее удачливыми русскими, он находился в русском окружении своей семьи, часто принимал гостей из Советской России. Ближайшим к нему оказался американский почвенный микробиолог, впоследствии отмеченный Нобелевской премией за открытие стрептомицина, киевлянин З. Ваксман. Друзьями его были лишь старые сотруд-

¹⁶ Winogradsky S.— Ann. Inst. Pasteur, 1952, t. 82, p. 125—131.

ники Пастера, с которыми он сблизился еще в дни молодости. Когда они умерли, связи Виноградского с внешним миром ослабли.

Только немецкая оккупация Франции прервала интенсивную экспериментальную работу Виноградского. Старый человек оказался заброшенным на одинокой ферме неподалеку от Парижа, со всеми обычными в то время недостатками пищи, тепла, одежды. Привычка к работе заставила его обратиться к прошлому и оглянуться на пройденный им путь. По дневникам он восстановил свою личную жизнь, а затем принялся за собрание сочинений: разобрал по темам свои публикации и каждой теме предпослал обширный комментарий. Эта работа вышла в 1945 г. под названием «Микробиология почвы». После обращения Виноградского к президенту Академии наук СССР С. И. Вавилову она была переведена на русский язык и вышла в 1952 г. под редакцией А. А. Имшенецкого с его блестящим предисловием. В свое время Имшенецкий продолжил работы Виноград-

ского по микробиологии целлюлозы. «Микробиология почвы» стала доступна широкому читателю и как система взглядов оказала сильное влияние на развитие общей микробиологии у нас в стране. И сейчас микробиолог, читая эту книгу, узнает положения, которые выдаются за новые и оригинальные, а на самом деле были глубоко и принципиально обсуждены еще при самом зарождении микробиологии.

Жизнь С. Н. Виноградского — удивительный пример того, как много может дать науке даже исследователь-одиночка. Чтобы создать научное направление, научную школу, целую науку, наконец, совершенно не обязательно быть преподавателем или же пропагандистом своих идей. Надо быть подлинно оригинальным и строго доказательным экспериментатором, уметь мыслить принципиальными категориями, «разрабатывать проблему *au fond*» (вглубь — франц.), как говаривал Виноградский. Достаточно быть настоящим Ученым.

К ЧИТАТЕЛЯМ «ПРИРОДЫ»

Если вы не успели оформить годовую подписку на наш журнал, можно это сделать с очередного номера. Подписка не ограничена и принимается во всех отделениях связи на любой срок.

Цена одного номера — 80 к.

Подписная цена:

на квартал — 2 р. 40 к.,

на полугодие — 4 р. 80 к.

Индекс 70707.

Обо всех случаях отказа в подписке просим сообщать в редакцию журнала по адресу: 117049, ГСП-1, Москва, Мароковский пер., 26.

Возвращенное очарование мира

И. Пригожин, И. Стенгерс



Илья Романович Пригожин, член Бельгийской Королевской академии наук, литературы и изящных искусств, профессор Брюссельского свободного университета, директор Сольвеевского Международного института физики и химии, директор Пригожинского центра статистической механики и термодинамики Техасского университета (США), вице-президент Европейской академии наук, изящных искусств и литературы (Париж). Один из создателей современной неравновесной термодинамики и теоретической биофизики. Почетный иностранный член ряда академий и научных сообществ Европы и США; иностранный член Академии наук СССР. Лауреат Нобелевской премии 1977 г. Автор 9 монографий; 6 монографий переведено на русский язык, в том числе: Термодинамическая теория, структуры, устойчивости и флуктуации (совместно с П. Гленсдорфом). М., 1973; Самоорганизация в неравновесных системах. От диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации (совместно с Г. Николисом). М., 1979; От существующего к возникающему. Время и сложность в физических науках. М., 1985.



Изабелла Стенгерс, доктор философских наук, сотрудник Брюссельского свободного университета. Специалист в области химии и истории философии.

КОНЕЦ ВСЕЗНАНИЯ

Наука — это, конечно же, искусство управления Природой¹. Но одновременно это и стремление понять ее, чтобы ответить на те вопросы, которые люди задают себе снова и снова. Один из таких вопросов — отношение между бытием и становлением, постоянством и изменением. <...>

Сокращенный перевод последней главы книги: Prigogine I., Stengers I. *La nouvelle alliance. Métamorphoses de la science*. P., 1979.

¹ Под наукой здесь подразумеваются естественные науки. — Прим. перев.

Философы досократовского периода (до IV в. до н. э.) обсуждали следующую проблему: не извне ли дается толчок тому изменению, в результате которого возникают или умирают тела, созданные из материи, безразличной к любому изменению? Или же оно — изменение — продукт внутренней, автономной активности самой материи? Нужно ли измышлять некий «двигатель», или становление имманентно вещам?

В XVII в. складывается наука о движении... оказавшаяся перед следующей альтернативой: если всякое изменение — только движение, то что ответственно за движение? нужно ли вместе с атомистами придерживаться версии, будто атомы дви-

жуются в пустоте, случайно сталкиваются и образуют непрочные соединения? или же за движение ответственна «сила», внешняя по отношению к массам, поддерживающим это движение? Фактически из этой альтернативы родился вопрос о возможности обнаружить в природе определенный и закономерный порядок. Если природа и природные явления — не дело случая, то нельзя ли найти «силы», навязывающие инертной материи закономерное поведение, доступное математическому описанию в виде законов физики?

В XVIII в. на смену миру случайных, спонтанно возникающих вихрей пришел мир неизменного математического закона; мир, которым он правил, не был более атомистическим миром, где тела возникают, живут и умирают по воле бесцельного случая; это — упорядоченный мир, в котором все происходящее может быть предсказано, если задано состояние системы масс в некоторый момент.

Такая концепция мира не представляет собою абсолютного нововведения. Против, мы отлично знаем ее истоки: это аристотелевский божественный незыблемый небесный мир. Мир астрономических траекторий, доступный точному математическому описанию. Иногда мы жалуемся, что наука, и физика в особенности, «разочаровывает» мир. Но это происходит как раз потому, что она тот мир как бы обожествляет,¹ поскольку отрицает разнообразие и естественное становление (что, по Аристотелю, является атрибутом подлунного мира, т. е. природы) во имя нерушимого вечного единственно истинного бытия. Мир динамики — это некий «божественный» мир, который не разъедается временем и откуда напроць изъятости возникновение и гибель вещей. <...>

Всеобщие законы консервативны, обратимы и детерминированы. Они подразумевают, что объект динамики описывается как сумма его частей. Определение любого состояния системы и знание закона, который управляет ее эволюцией, позволяет вывести — с непреложностью и точностью логического рассуждения — все прошлые и будущие системы.

Природа, понятая как динамическая система, остается чуждой человеку, который ее описывает. <...> Критики современной науки подчеркивают пассивный и подчиненный характер, который уготовила математическая физика природе. И действительно, эта природа — автомат, все действия которого можно полностью пред-

сказать и которыми можно как угодно управлять. Однако на деле все не так просто. Ведь последние три века процесс «познания» часто отождествляется с «умением манипулировать». Но естественные науки нельзя рассматривать лишь как проекты господства над природой. Они ведут с нею также и диалог, целью которого вовсе не является подавление одного «собеседника» другим. <...>

Сейчас мы больше знаем Вселенную, знаем, что звезды взрываются, а галактики возникают и умирают. Мы знаем, что не можем более с полной гарантией утверждать, что траектории движения планет устойчивы. Как раз эта-то неустойчивость траекторий, эти ветвления, в которых мы узнаем аналоги флуктуаций, присущих активности нашего мозга, — именно то, что нас нынче воодушевляет.

Мы пытались понять сложные процессы, ответственные за изменение наших глобальных интересов и проблем, одновременно с изменениями исследовательских путей, по которым движется наука. Ведь речь идет о том, что в новом научном пейзаже пересматриваются научные понятия, сдвигаются проблемы, вводятся вопросы, которые переворачивают сами определения научных дисциплин, короче — открываются новые многочисленные пути развития.

История термодинамики — яркий тому пример.

В качестве точки отсчета возьмем формулировку закона теплопроводности Фурье. Это был первый необратимый процесс, получивший математическое описание, что и вызвало скандал: единство математической физики, основанное на законах динамики, было подорвано навсегда.

Закон Фурье описывает спонтанный процесс распространения тепла. Он не указывает ни как его прекратить, ни как изменить направление, короче, это — неконтролируемый процесс. Ибо, чтобы управлять теплом, нужно избегать всякого соприкосновения тел с различными температурами. Закон Фурье описывает, в частности, невосполнимую растрату тепловой энергии, которая возникает, когда мы хотим заставить тепло вращать двигатели. <...>

История на этом не закончилась, и идея того, что неконтролируемые изменения, источники потерь, способствуют необратимому увеличению энтропии, преобразовалась в идею энтропийного роста, сопровождающего естественные процессы. А интерес к последним порожден интересом к инженерной проблематике. <...>

В XIX в. не могли, конечно, не осознавать необратимости вмешательства в природные процессы, хотя одновременно боялись истощения ресурсов и увлекались перспективами прогресса и революционных преобразований. XX в., в свою очередь, искал в необратимых процессах ключ к пониманию природы, к тем явлениям, которым необходимо было придать статус физических, — иначе нужно было отказаться от идеи соответствия физического описания природного объекта его истинным свойствам. <...>

Из термодинамики природных процессов следует, что тепловые потоки, которые пронизывают некоторые физико-химические системы и мешают их равновесию, развиваясь сложными, хитроумными путями, могут способствовать возникновению стихийных самоорганизованных явлений, разрывам симметрий. Там, где общие законы термодинамики перестают действовать, там может обнаружиться конструктивный характер необратимости: в этой области тела рождаются и умирают, а история их жизни формируется как с помощью случайных толчков, так и под воздействием необратимых законов.

Внутреннюю нестабильность природы мы обнаруживаем еще на одном уровне — на микроскопическом. Именно тут мы пытаемся понять, какой статус нужно придать необратимости, случайности, статистическим флуктуациям и всем тем понятиям, которые макроскопическая наука объединила недавно в новое сложное целое. Однако в однородном мире, описанном на основании обычных законов динамики или на основании совсем другой системы законов того же типа, эти понятия были всего лишь приближениями, а перспективы, о которых мы говорили, — иллюзиями.

Однако мысль, что физика не может считать молекулярное движение детерминированным и, следовательно, что статистическое описание носит окончательный характер, не является новой в физике. По мнению историка науки С. Браша, ученые XIX в., в частности, нередко говорят о неопределенности, нерегулярности, зависящих от случая молекулярных движений, дабы обосновать необходимость статистических методов². Максвелл, например, в статье «Атом», опубликованной в 1875 г. в «Британской энциклопедии», писал, что нерегулярность движения элементарных час-

тиц необходима для того, чтобы система действовала необратимо. Впрочем, он же утверждал, что нерегулярность связана с нашим незнанием. Вообще в то время понятие неопределенности было двусмысленным, колеблясь между неопределенностью, свойственной самому движению, и неопределенностью «эпистемологической». Эта двусмысленность, как известно, преобразовалась в противопоставление при интерпретации квантово-механического формализма³.

Сам Максвелл, однако, смутно предвидел решение проблемы, когда говорил о нестабильности движения, о некоторых особых точках, в которых малые воздействия производят большой эффект. Нынче же законы динамики позволяют выявить системы, где эти точки обнаруживаются буквально повсюду, в любой фазе движения, какой бы малой она ни была.

Следовательно, проблема может быть сформулирована полностью. Идеал всезнания воплотился в науке о траекториях, созерцаемых мгновенно и навеки рассчитанных. Но эти, казавшиеся столь реальными, траектории фактически являются идеализациями: мы никогда не «видели» их в том виде, в каком они должны были существовать согласно нашим расчетам, ибо, для того чтобы их наблюдать, нужна бесконечно большая точность, нужно иметь возможность приписывать системе точечное начальное состояние, определять ее состояние однозначно, исключив все соседние состояния. <...>

Но тем не менее при таком предельном переходе встретились два типа неодолимых препятствий: хаотичность траекторий систем «слабой стабильности» и условия, налагаемые квантовой неопределенностью. Мы назвали два типа — поскольку расходящиеся траектории или находятся в очень близком соседстве, или, напротив, слишком взаимообусловлены, поэтому определение точного их положения теряет свой смысл; траектория не является более просто идеализацией, но, скажем, она является идеализацией, неадекватной себе самой.

Так динамика и квантовая механика обнаружили внутренние границы того, что в свое время получило название «научной революции», т. е. они показали исключительный характер ситуаций, кото-

² Brush S. — J. of the History of Ideas, 1976, v. 37, p. 603.

³ Имеется в виду ограничение точности описания траекторий, выражаемое соотношением неопределенностей. — Прим. перев.

рые были объектом первого (XVII в.) экспериментального диалога. Первые физики чрезвычайно искусно выбирали свои объекты — так, чтобы они были доступны математическому описанию и принадлежали бы к достаточно узкому кругу динамических систем, для которых можно осмысленно определить понятие траектории. История современной физики связана с открытием ограниченной применимости понятий, созданных для объектов, описание которых может быть полным и детерминированным. Она открыла в своем собственном лоне «подлунный мир».

Это — конец идеального всезнания. Это одновременно и конец проблемы, поставленной только на теоретическом уровне. <...>

Как на макро-, так и на микроскопическом уровне науки о природе освобождаются от узости концепции, согласно которой наши эксперименты полностью отражают объективную реальность и которая принципиально отрицает любое необъяснимое новшество и разнообразие во имя некоего неизбывного закона. Они освобождаются от гипноза совершенной рациональности мира. Они всегда готовы увидеть непредвиденное, которое нельзя просто объяснить несовершенством нашего познания или недостаточностью контроля над теми или иными объектами. Эти науки обнаружили необходимость диалога с природой, над которой не может более властвовать теория, но которую можно только вопрошать, необходимость диалога с открытым миром, которому мы принадлежим. Это открытие, с легкой руки Сержа Московичи, описавшего его, получило название кеплеровской революции в противовес коперниканским революциям, в которых содержится идея абсолютной — одной — точки зрения¹. <...>

АКТЕРЫ И ЗРИТЕЛИ

Смысл той преобразовательной работы, которую ведут физики нашего века, помогает понять драматическая история Эйнштейна. Именно Эйнштейн первым обнаружил плодотворность доказательств от невозможного. Он показал, что из невозможности передавать сигналы со скоростью, большей скорости света, следует необходимость исключить понятие одновременности событий, происходящих в раз-

ных точках, и на основе этой невозможности наблюдения построил теорию относительности. Сам Эйнштейн видел в этом ходе мысли аналогию с термодинамикой, основанной тоже на невозможности вечного движения. Но некоторые из его современников, такие как Гейзенберг, отлично понимали разницу между этими двумя невозможностями; в случае с теорией термодинамики в природе вообще исключалось вечное движение; в случае же с теорией относительности оказывалось невозможным наблюдение, т. е. тип связи между природой и ее описанием. Впоследствии, используя пример Эйнштейна, хотя и вопреки Эйнштейну, Гейзенберг смог сформулировать некоторые положения квантовой механики, откуда некоторые физические величины исключались как ненаблюдаемые.

М. Мерло-Понти утверждал, что философские открытия науки, их фундаментальные, концептуальные преобразования часто следуют и из отрицательных результатов, когда обнаруживается новый угол зрения и новая перспектива⁵. Что касается тех самых «невозможностей», которые послужили отправным моментом теории относительности, квантовой механики или динамики, то они показали нам, что природу нельзя описывать только «извне», глазами «чистого» зрителя. Описание — это связь, и связь в основном принудительная, что признает и физика, потому что такая принудительность исходит из отождествления нас с макроскопическими существами, помещенными в физическом мире. Физические теории отныне допускают возможность и таких связей с природой, и постановку таких вопросов, которых она пока «не слышит»; мы, по крайней мере, не можем услышать ее ответы на них.

Сам характер теоретических аргументов, с помощью которых мы составляем новые физические описания, выявляет двойственную роль ученого — как ак-

¹ См. об этом: Moscovici S. Quelle unité de l'homme. — in: Hommes domestiques et hommes sauvages. P., 1974, p. 297—298.

⁵ Merleau-Ponty M. *Resumés de Cours* 1952—1960. P., 1968, p. 119. Морис Мерло-Понти (1908—1961) — французский философ, представитель феноменологии, близкий экзистенциализму; испытывал влияние гештальтпсихологии. Ввел понятие о досознательном («телесном») существовании (экзистенции), которое осмыслено, ибо открыто миру, а не замкнуто в себе как вещь. Все бытие человека, по Мерло-Понти, является реализацией его экзистенции, осуществляющейся в диалоге субъекта с миром. Субъект и мир — два полюса единого феноменального поля, в котором субъект всегда ситуативно связан и потому не может быть до конца выявлен. — Прим. перев.

тера и как зрителя. Даже в динамической теории систем слабой устойчивости или в квантовой механике, когда мы говорим о понятии точки в фазовом пространстве и о траекториях, которые определяют нас самих как зрителей, мы делаем это именно для того, чтобы объяснить следующее: речь идет об идеализациях, неадекватных тому, что есть на самом деле. Конечно же, такие темы обычно ассоциируются с идеализмом, но весьма примечательно, что требования новой концептуальной позиции, которую мы только что описали, — эти требования наиболее приближены к материализму: понять природу так, дабы не было абсурдным утверждение, что она произвела нас.

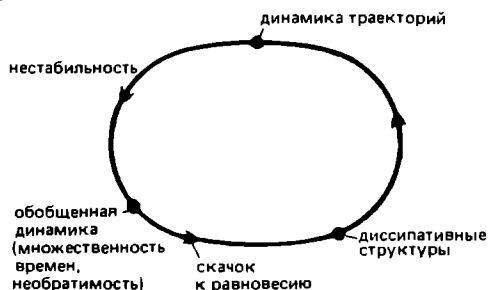
Эту нашу двойственность как актеров и зрителей важно поместить в контекст, который точно отражает нынешнюю ситуацию теоретического познания в физике. Тем более, что такая ситуация жестко противостоит классической науке с ее бесплотным наблюдателем, парящим над объектом наблюдения. Но выйти за пределы классической оппозиции и показать, что отныне физические понятия содержат ссылку на обозревателя (актера и зрителя вместе), совсем не значит, что этот обозреватель должен быть охарактеризован с биологической, психологической или философской точки зрения. Физика ограничивается тем, что приписывает ему свойство, которое является необходимым условием для осуществления всякого эксперимента в природе, — различение прошлого и будущего. Однако требование соединенности актера и зрителя ведет к вопросу, может ли физика обнаружить такое свойство в макроскопическом мире.

Но оставим пока в покое наблюдателя. Мы только что сказали, что единственное, что от него требуется, — это его деятельность, ориентированная во времени, без чего немислимо никакое исследование окружающей среды и никакое — обратимое или необратимое — физическое описание. Даже определение измерительного аппарата или подготовка эксперимента обуславливает разницу между «до» и «после», и именно потому, что мы знаем о необратимости становления, мы можем признать и обратимое движение, простое изменение, которое приводит к обратимой равноценности причины и следствия. Но классическая динамика, в свою очередь, устанавливает точку отсчета, так как именно обратимые законы динамики являются для нас исходным мо-

ментом математизации природы. Мир обратимых траекторий, основанный на действии строгих законов, остается основополагающим фактом нашей физики; именно отсюда берется вся необходимая техника, а также понятия для определения и описания области, где возникает неустойчивость, которая приводит к необратимости, т. е. к нарушению симметрии уравнений относительно времени.

Обратимый мир при этом оказывается лишь частным случаем, а динамика, в которой действует механизм энтропии, позволяющий описать сложный мир физических процессов, в свою очередь, берется как точка отсчета: она может на макроскопическом уровне рождать однообразную инерцию состояний равновесия — средних состояний, производимых с помощью статистической компенсации, но она может также порождать своеобразие диссипативных структур, возникших из отклонений от равновесия, и, в конечном счете, историю — единственный путь, который свидетельствует о последовательности эволюционных ветвлений. О структуре, сформированной вследствие такого развития, можно сказать, что ее деятельность есть продукт именно ее истории, поэтому в ней самой можно различить ее прошлое и будущее. Круг замкнулся. Макроскопический мир, в свою очередь, сам способен стать точкой отсчета, в которой нуждается наблюдатель.

Рассмотрим такую схему.



Идеальной обратимости классической динамики противопоставляются два типа становления, которые позволяют ввести необратимость, требуемую нашим восприятием. Один такой тип связан с прошлым, все, принадлежащее ему, стремится — с большей долей вероятности — к равновесию. Другой — с будущим; и именно в этой диссипативной структуре может образоваться некое, зависящее от случая особенное. Но в природе нет логической

необходимости, диссипативные структуры существуют на самом деле; нужен был «космологический факт» Вселенной, способный поддерживать некоторые системы, не находящиеся в состоянии равновесия, чтобы макроскопический мир оказался миром, населенным зрителями, т. е. самой природой. На представленной схеме не отражены ни логическая, ни эпистемологическая истины — лишь истина нашего бытия как макроскопических существ в мире, не находящемся в состоянии равновесия. В ней отражена также историческая сущность нашей физики, которая строится на описании обратимых детерминированных связей, считая их теперь не самой объективной реальностью, но исходной точкой исследования. Существенно, что в этой схеме нет никакого основополагающего момента: каждый из трех моментов — точек — связывается цепью причастности одного к другому, что и отражает новый тип внутренних связей, на который может претендовать современная физика. <...>

На этот урок мудрости, связанный с множественностью точек зрения в процессе исследований, важно обратить внимание. Действительно, науки, называемые точными, ныне должны выйти за порог своих лабораторий, где они постепенно осознавали и, наконец, осознали необходимость сопротивления гипнозу якобы неизбывных всеобщих законов природы. Ученые поняли, что идеализированные ситуации не преподнесут им универсальной отмычки; точные науки вновь, наконец, должны стать естествознанием со всем богатством его оттенков, о чем ныне прочно забыто. Отныне перед исследователями стоит проблема, которая прежде считалась прерогативой гуманитарных наук (одни полагали их этим возвысить, другие — унижить), — проблема необходимого диалога со всем предшествующим знанием по каждому вопросу и предмету. Как и общественные науки, науки о природе не должны более предавать забвению свои социально-исторические истоки, а это уже делает необходимым теоретическое моделирование каждой конкретной ситуации. Такой подход никоим образом не будет препятствовать развитию нашей науки, и отсюда нельзя делать вывода об относительности наших знаний — источника разочарований. Мерло-Понти подчеркнул эту необходимость, назревшую необходимость того, что он назвал «истиной, корнящейся внутри ситуации»⁶. <...>

Таким образом, любая наука стано-

вится ныне наукой гуманитарной, наукой, созданной людьми для людей. Она находится сейчас в состоянии поэтического подслушивания природы. Под этим понимается, что поэт — созидатель, исследователь активный и расчетливый, но всегда относящийся с почтением к тому, с кем он ведет диалог, — к природе. <...>

ОТКРЫТАЯ НАУКА

Рассмотрим другой тип переформулирования научных основ, связанный со способом ее развития. Эволюцию науки часто сравнивают с классическим описанием эволюции видов: она изображается в образе древа, ветви которого означают разнообразные дисциплины — необратимый и односторонний процесс. Биологический образ можно заменить геологическим, так как то, что мы описали, скорее свидетельствует о плавных изменениях, нежели о скачках. Отставленные или отрицаемые одной дисциплиной проблемы зачастую безмолвно переходят в другую, образуя новый теоретический контекст. И часто именно при пересечении наук, при случайном совпадении их целей как бы вновь возрождаются проблемы, о которых думали, что они давно уже сняты, которые под новым углом зрения поднимают старые вопросы, существовавшие до разделения научных дисциплин.

Концептуальные сюрпризы, которые преподнесла нынче эволюция наук, наверное, долго еще будут мстить нам за забвение этих старых вопросов. Открытие спектров эмиссии и абсорбции, благодаря которым введено понятие квантовых операторов (что вело к решительному отступлению от классической науки, изучающей массы и траектории), есть в некотором роде возмездие старых химиков, которые в свое время не сумели заставить ученых, придерживающихся идеи универсального понятия массы, оценить специфику химической материи. И этот вновь возникший вопрос уже не может быть снят с повестки дня. <...>

История науки не обладает простотой истории эволюции, основанной на обычной специализации. Она гораздо запутанней, хитроумней, она всегда готова повернуть назад к давно забытому, разрушить уже воздвигнутые разграничения, даже те, которые, казалось, навсегда установлены.

Это утверждение противоречит пси-

⁶ Merleau-Ponty M. Le philosophe et la sociologie. — In: *Eloge de la philosophie*. P., 1960, p. 136—137.

хосоциальному анализу Томаса Куна, с помощью которого он «омолодил» некоторые основные элементы позитивистской концепции развития науки, как-то: направленность на специализацию и возрастающую изолированность научных дисциплин друг от друга; соединение «нормального» научного исследования с «серьезным», «молчаливым» работником, который не занимается «общими» вопросами о глобальном значении его исследований и ограничивается своей узкой темой; автономия научного развития по отношению к культурным, экономическим и социальным проблемам⁷.

Нам хотелось бы проверить обоснованность такого описания научной деятельности. Во всяком случае — подчеркнуть его частный и конкретно-исторический характер. «Конкретно-исторический» — это значит, что научная деятельность ныне более или менее соответствует описанию Куна, что она приведена в согласие с программами современных университетов, где исследования будущих научных сотрудников образуют некоторую систему — в лоне академической структуры, которая создалась в XIX в., ее не было прежде. В этой структуре находят ключ к имплицитному, безоговорочному знанию, к той «парадигме», которую Кун считает основой нормального исследования, ведущегося в рамках «научных сообществ». Студенты упражняются в решении тех проблем, стоящих перед предшествующими поколениями, изучают новые теории, где обосновывается необходимость тех или иных исследований в лоне научного сообщества, и критерии, по которым проблема считается интересной, а решение — приемлемым. Переход от студента к научному сотруднику при таком типе обучения непрерывен; исследователь начинает решать проблемы, которые никто до него не решал, уподобляя их исходным моделям. Словами «частичный ученый» хотят сказать, что в нашу эпоху, которая наиболее всего соответствует описанию Куна, такое определение в лучшем случае касается только одного из аспектов научной деятельности; о том, насколько оно точно, можно судить только исходя из индивидуальности исследователей и того институционального контекста, в котором они работают.

Можно уточнить тезисы Куна относительно того, как изменяется парадигма

науки. Это изменение часто происходит в форме кризиса: вместо того чтобы оставаться почти неразличимой нормой, вместо того чтобы «идти молча», парадигма начинает оспариваться, ставится под вопрос. Члены научного сообщества вместо того, чтобы единодушно заниматься решением всем известных проблем, ставят «фундаментальные» вопросы, начинают сомневаться в законности своих методов исследования. Группа, прежде считавшаяся однородной относительно исследовательской деятельности, распадается, в ней обнаруживаются разные точки зрения, культурные установки, философские убеждения, что зачастую играет решающую роль в возникновении новой парадигмы. Ее появление только увеличивает интенсивность дискуссий. Соперничающие парадигмы подвергаются испытанию до тех пор, пока не победит одно из направлений, поддержанное академическими кругами. Мало-помалу вырастает новое поколение ученых, восстанавливаются молчание и единодушие, пишутся новые учебники, и подразумевается, будто все идет само собой.

С этой точки зрения, двигателем научного обновления является именно консервативность научных сообществ, которые упрямо прилагают к природе одни и те же технические методы, одни и те же понятия и всегда кончают тем, что встречают с ее стороны упорное сопротивление: природа отказывается изъясняться на языке, предусмотренном данной парадигмой; кризис разражается с тем большей силой, чем более слепым было доверие к применяемому методу. Тогда все интеллектуальные силы вновь бывают брошены на поиски нового языка, чтобы исследовать тот «пучок» проблем, который объявляется решающим, поскольку он исходит как бы от самой природы.

Вопросы, которые мы поставили, имеют прямое отношение к истории науки, но они сильно отличаются от тех, которые волнуют Куна. В основном речь идет о непрерывности научного познания, но не об «очевидной», а о скрытой непрерывности проблем, над решением которых не прекращает биться мысль ученых. <...>

История физики нашего века претерпела ряд кризисов, похожих на те, что описывал Кун. Ученые испытывали их на собственном опыте, однако не исследовали. Философский анализ таких кризисов мог бы помочь их преодолению. Но случилось это в ситуации неустойчивости, обусловленной бесплодной попыткой распрощаться с данной научной парадигмой на опре-

⁷ Кун Т. Структура научных революций. М., 1977.— Прим. перев.

деленный круг явлений природы. История физики, однако, демонстрирует ситуации, где роль философского анализа проявляется ясно и недвусмысленно. Она доказывает плодотворность такого подхода. Ученый не давал торжественного обещания вести себя, как куновская сомнамбула; напротив, он пытается взять инициативу в свои руки, чтобы понять перспективы и проблемы науки в целом.

История науки, как всякая социальная история, — это сложный процесс, где связаны разные события, обусловленные локальным взаимодействием, глобальными проектами, повседневной работой науки. Это драматическая история неоправданных надежд и идей, причем идеи эти оказались или ложными, или приняли вид, резко отличающийся от ожидаемого. Снова можно было бы взять пример Эйнштейна, поскольку он своей теорией относительности, квантованием (теорией фотозффекта) и космологической моделью нанес первый удар по классической концепции мира и познания, между тем как, несмотря на это, его проекты постоянно вращались вокруг классического описания физического, полностью детерминированного мира. Драма Эйнштейна — в той пропасти, которая пролегла между личными намерениями автора и фактическим смыслом его действий в общем контексте познания.

НАУЧНОЕ ВОПРОШАНИЕ

Мы защищаем здесь открытость науки, где (в особенности, если идет речь о связи между наукой и философией) становится помехой деловая замкнутость или разрушительное действие профессиональных обид.

Мы уже говорили о философской «ратификации» претензий классической науки, которая позволяет некоторым философам делать попытки остановить движение. Такая стратегия господствовала довольно долго, несмотря на протесты ученых, таких как, например, Морис Мерло-Понти, слова которого в некотором смысле выражают цель и тему нашей книги: «Не нужно оправдывать необходимость науки для философии, ибо философская концепция должна столкновиться с экспериментом... Эту концепцию невозможно отвергнуть наперед под предлогом, что она движется в рамках онтологических предрассудков: если это предрассудки, то сама наука в своем шестивии через бытие найдет

случай их опровергнуть. <...> Бытие пролагает себе путь сквозь науку, как и сквозь всякую индивидуальную жизнь. Вопросая науку, философия обнаруживает аспекты, которые без нее найти было бы трудно»⁸.

Но если ни одно знание не имеет приоритета над другим, и в этом смысле между научными и философскими проблемами нет четко выраженной границы, то одновременно нет и проблемы их тождества или подмены друг другом. Мы думаем, что здесь дело в дополнительнойности знаний, в различии традиций, которым следуют ученые, руководствуясь более или менее строгими правилами, вытекающими из характера культуры и данной эпохи. Научное вопрошание, естественно, заключено в рамки определенных правил и методов, продиктованных временем. С одной стороны, свобода ученого ограничивается условиями экспериментального диалога; он не делает того, что хочет; природа опровергает самые пленительные из его гипотез, самые глубокие из его теорий. Отсюда, между прочим, и замедленный ритм науки, отражающийся в неторопливой эволюции идей, и непрекращающиеся попытки предельно экстраполировать на весь мир те редкие и ограниченные «да», которые были добыты из природы. <...>

Здесь наблюдается своеобразный поворот хода событий. Научная активность долго определялась как независимость от наблюдателя. Отныне она, напротив, определяется зависимостью от людей, бактерий или любых других жителей макроскопического мира; такая обратная связь подстегивает исследовательскую активность, потому что предполагает ориентацию во времени и возможность быстро реагировать на химические изменения среды. <...>

Наша гипотеза не противопоставляет научные и философские эксперименты, как противопоставляют конкретное и абстрактное. Уайтхед⁹, например, считает проведе-

⁸ Merleau-Ponty M. *Resumés de Cours*, p. 117—118.

⁹ Whitehead A. N. *Process and Reality*. N. Y., 1969. Альфред Норт Уайтхед (1861—1947) — английский математик, логик и философ, преподавал математику и логику в Кембридже и Лондоне, философию в Гарвардском университете (США). Вместе с Б. Расселом являлся основателем логицистической школы в философии математики. Воззрения Уайтхеда основаны на связи и согласовании философии и естествознания, особенно естествознания конца XIX — первой половины XX в. В своих работах он пытается преодолеть так называемое удвоение природы; этот дуализм он снимает посредством пред-

ние конкретных экспериментов во всем их богатстве целью философии. А вот что о такой философской направленности, которую он назвал эмпиризмом, пишет Ж. Делез: «Эмпиризм не является ни реакцией на умозрительность, ни вызовом живому опыту. Напротив, он часто выдумывает наиглупейшие концепции относительно вещей, которых никто никогда не видел и не понимал. Эмпиризм — это мистицизм понятия и его математизация. Но главное: его приверженцы считают такие понятия, как «здесь-теперь» или Эреон (утопическая земля, где обитают «здесь», «теперь» и «ничто» — плод фантазии Сэмюэла Батлера¹⁰), местом встречи, откуда родом неисчерпаемые, вечно новые «здесь» и «теперь», но иначе распределенные в пространстве. Только эмпирик может сказать: понятия — это сами вещи, но вещи, бытующие в свободном и диком состоянии, по ту сторону «антропологических предикатов». Я делаю, переделываю, разрушаю мои понятия, начиная с вечно отодвигающегося от меня горизонта, исходя из постоянно перемещающегося центра столь же постоянно перемещающейся окружности»¹¹. Эреон — «место», видимое лишь «умными очами», но именно там как бы возникают все «здесь и теперь», там «рождается» множественность реальных экспериментов, именно там возникла наша странная мысль, в результате которой наблюдаемый источник нового изобретения исключается из рассмотрения ученых. А философы, думая о ненаблюдаемом, монадах, *clīnamen*¹², о некоторых «вечных» объектах, опередили науку, исследовали понятия и их причастность к реальной ситуации, прежде чем наука могла их использовать и понять всю их мощь. В призна-

нии этого, собственно, и заключается тот творческий риск, на который идут все, кто не ограничивается обычной эвристикой, вдохновляющей ученых на построение теоретических и экспериментальных гипотез, но стремится к наивысшей интенсивности познания — со всеми его связями и тонкостями.

Здесь мы должны обратить внимание на еще одно совпадение, вскрывающее культурный смысл эпохи. Философы, которых мы цитировали, дали нам, по определению Делеза, средства преодолеть «науку, совершающуюся будто во сне»¹³, так как они вели за собой «воображение, захватывающее все области духа, порядки и уровни, руша перегорожки, построенные в мире, руководя нашим телом и стимулируя душу — с целью представить природу и дух в нераздельном единстве». И наоборот, Делез взывает к природе и наукам о природе, чтобы с их помощью описать свойства такого воображения, отрицая всякую связь с активным субъектом традиционной философии, одаренным одними лишь проектами, намерениями, желаниями. «Идея, — пишет Делез, — делает из нас ларвов, которые полностью отбрасывают собственное Я, как и всякое напоминание о себе самом»¹⁴. «Драматизм» в том и состоит, что идея приносит в жертву носителя, превращающегося в ларва, способного — вопреки «данному» организму — производить ужасные действия, сдвиги, коловращения; потому-то необходимо исследовать те процессы, которые пытаются описать науки о природе. «Драматизм такого состояния осознается в голове мечтателя, однако осознается он под критическим оком ученого»¹⁵. (<...>)

МЕТАМОРФИЗМ ПРИРОДЫ

Метаморфозы, происходящие в современной науке, основанной на автоматизированном производстве и полагающей, что можно пренебречь старыми знаниями и старыми практическими действиями, — это не разрыв с прежним. Напротив, мы думаем, что они помогут нам понять сущность и значение этих знаний и действий. Мишель Серр часто говорил о том уважении, которое питают крестьяне и моряки к окружающему миру. Они знают, что не властны над временем и что умно-

ствления природы как единства «элементарных факторов чувственного опыта», которые он называет «событиями», и «непреходящих элементов в природе» — объектов. Единство природы, по Уайтхеду, позволяет понять ее как процесс и совместить утверждение независимости природы от мысли с утверждением тождества природы и опыта. — Прим. перев.

¹⁰ Сэмюэл Батлер (1835—1902) — английский писатель, писавший на морально-этические темы. *Erewhon* — анаграмма английского слова *nowhere* (нигде). Именно так — «*Erewhon*» — называется одна из его сатир (1872). Прим. перев.

¹¹ Deleuze G. *Différence et répétition*. P., 1972, p. 4. (Жиль Делез — современный французский философ структуралистского толка. — Прим. перев.)

¹² *Clīnamen* (лат.) — произвольное отклонение атомов, по Эпикуру и Лукрецию. — Прим. перев.

¹³ Deleuze G. Op. cit., p. 284.

¹⁴ Ibid. p. 283.

¹⁵ Deleuze G. Ibid., p. 282.

жение всякой живой твари никого не теснит — это процесс самоуправляющегося изменения, который греки называли *physis* (фисис, отсюда «физика». — Прим. перев.) — природой. Наша наука именно в этом смысле стала, наконец, физической, потому что она допустила автономию всех вещей, а не только автономию живого. Это — «новое состояние природы», и человеческая деятельность лишь способствует тому, чтобы оно продлилось. Подобно эволюции растений, развитие этой «новой природы», наполненной машинами и всевозможной техникой, развитие социальной и культурной деятельности, рост городов — все эти автономные и непрерывные процессы, в которые, впрочем, можно вмешиваться, чтобы их менять или организовывать, но в которых — под страхом неудачи — должно уважать их внутреннее «время жизни». <...>

В момент, когда мы заново открываем природу в том смысле, как ее понимали греки, мы начинаем понимать и всю сложность поставленных ею вопросов, с которыми конфронтируют науки об обществе. В момент, когда мы принимаем ее, «уважая» проблемы физической теории природы вообще, мы одновременно должны уважать и любой другой интеллектуальный «образ мира», будь то традиционное отношение к жизни у моряков или крестьян или концепции других наук. Это нужно сделать не для того, чтобы осудить сообщество ученых или человеческую культуру, но чтобы скрестить их, установить между ними «невидимые связи», обусловленные требованиями нашей эпохи.

Что же это за мир, который вновь требует к себе уважения? И в концепциях классической науки, и в идее эволюции XIX в. речь шла о господстве над ним и о противоположности испытателя и испытуемого, угнетателя и угнетенного. Смотреть ли на природу как на часовой механизм, двигатель или как на дорогу прогресса, ведущую в наше время, — она тем не менее устойчивая реальность, в чем мы можем убедиться.

Что сказать о нашем мире, который вскормил современную науку со всеми ее метаморфозами? Это мир, который мы можем определить как естественный в тот момент, когда ощущаем себя его частью, но из которого разом исчезают все прежние, казалось бы нерушимые, ценности: идет ли речь о музыке или о живописи, литературе или этических нормах — ничто не может больше претендовать на некий

один-единственный, непреложный закон, властвовать одно над другим. Равноценность точек зрения, многочисленность экспериментальных методов, более или менее рискованных, эфемерных или успешных — вот что предстает ныне со всей очевидностью.

Этот мир, который отрекается от гарантий незыблемых норм, является, конечно, миром опасным и ненадежным. Он не может внушить нам никакого слепого доверия — лишь чувство слабой надежды.

Именно этот культурный климат питает и стимулирует открытие неожиданных объектов, квазаров с их чудовищными энергиями, черных дыр, теоретическое открытие проблем нестабильности, случайностей, миграций, структурных соединений.

Он умер, тот конечный, статичный и гармоничный старый мир, который разрушила коперниканская революция, поместив Землю в бесконечный космос. Наш мир — это не молчаливый и однообразный мир часового механизма, покинутый старыми домовыми. Природа создавалась не для нас, и она не подчиняется нашей воле. Как сказал Жак Моно¹⁶, наступило время ответить за прежние авантюры человека, но если мы и можем это сделать, то лишь потому, что таков отныне способ нашего участия в культурном и естественном становлении, таков урок природы, когда мы даем себе труд выслушать ее. Научное знание, возникшее как бы во вдохновенном сне, т. е. сверхъестественное, может нынче оказаться в то же время «поэтическим слушанием» природы и естественных процессов, происходящих в природе, процессов, обнаруженных возможностями производства и вымысла в открытом — технологическом и творческом — мире. Пришло время нового содружества, начатого издавна, но долгое время непризнанного, между историей человека, человеческими обществами, знанием и использованием Природы в наших целях.

Перевод с французского
С. С. Неретиной.

¹⁶ Жак Моно (р. 1910) — французский биохимик, микробиолог, лауреат Нобелевской премии (1965). Его работы в основном посвящены росту бактерий, индукции и репрессии бактериальных ферментов. Один из авторов гипотез о переносе при участии информационной РНК генетической информации с ДНК на рибосомы и о механизме генетической регуляции синтеза белка и бактерий. — Прим. перев.



Масса кварков

Д. И. Боркин из Москвы, В. Петров из Казани и Г. И. Сидоров из Куйбышева интересуются величинами массы кварков.

Вопрос о массе кварков вовсе не так прост, как может показаться с первого взгляда. В отличие от всех других частиц, кварки прочно заперты в адронах и их характеристики могут быть измерены лишь косвенным путем. «Наивная» кварковая модель дает ответ на вопрос о массах кварков. Массы протона и нейтрона, имеющих кварковые составы uud и udd соответственно, близки. Поэтому массы кварков u и d также почти равны и составляют примерно $1/3$ от массы протона, т. е. чуть больше 300 МэВ. Странный кварк s входит в состав λ -гиперона, масса которого 1115 МэВ, т. е. на 180 МэВ больше массы протона. Если эту разницу отнести целиком на счет более тяжелого s -кварка, то для его массы получается значение около 500 МэВ. Далее, из очарованных кварка и антикварка построена частица J/ψ , масса которой 3100 МэВ. Таким образом, масса c -кварка составляет примерно 1550 МэВ. И, наконец, частица Y , построенная из прелестных кварков, имеет массу 9460 МэВ, значит, масса b -кварка примерно 4700 МэВ. Однако эти массы — некоторые эффективные характеристики, описывающие связанное состояние кварков внутри адронов. Поэтому они зависят от принимаемой модели и не связаны прямо с фундаментальными величинами, из которых должна строиться всякая хорошая теория.

К проблеме массы кварков можно подойти и с другой

стороны. В уравнения квантовой хромодинамики, описывающие сильные взаимодействия кварков, входят массы кварков, выступающих в этом случае не как эффективные составляющие адронов, а как фундаментальные поля. Этим массам, как следует из сравнения предсказаний теории с экспериментальными данными, надо приписать значения, резко отличающиеся от приведенных выше. Такие массы называются токовыми, в отличие от рассмотренных нами составляющих масс. Наиболее употребительны следующие значения токовых масс кварков:

u	d	s
4,2 МэВ	7,5 МэВ	150 МэВ
c	b	
1200 МэВ	4350 МэВ	

Видно, что токовые кварки гораздо легче эффективных составляющих кварков, причем различие наиболее резко проявляется для легких кварков.

Вполне правомерен вопрос: как из таких легких кварков можно построить довольно тяжелые адроны? На этот вопрос полного ответа пока нет, так как он тесно связан с проблемой невылечения кварков за пределы адронов. Однако численные расчеты на ЭВМ показывают, что на самом деле массы некоторых адронов, рассчитанные из первых принципов квантовой хромодинамики, действительно находятся вблизи экспериментально измеренных значений.

В заключение напомним, что масса шестого кварка t , об открытии которого заявила летом 1984 г. группа физиков под руководством К. Руббиа (ЦЕРН, Женева), составляет примерно 40 000 МэВ. Однако эти данные нуждаются в подтверждении

другими группами исследователей.

Дополнительные сведения о кварках можно найти в литературе:

СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ. Отв. ред. И. Ю. Кобзарев. М.: Наука, 1984 (сборник статей, опубликованных в журнале «Природа»).

Окунь Л. Б. ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ. М.: Наука, 1984.

Намбу Е. КВАРКИ. НА ПЕРЕДНЕМ КРАЕ ФИЗИКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ. М.: Мир, 1984.

Советско-Монгольская палеонтологическая экспедиция

Читателю В. П. Оленину из г. Мыски Кемеровской области, интересующемуся палеонтологическими исследованиями на территории Монголии, отвечает заместитель начальника Советской части Советско-Монгольской палеонтологической экспедиции кандидат биологических наук В. Ю. Решетов.

Расположенная в центре Азии территория Монгольской Народной Республики издавна привлекала внимание палеонтологов. Объясняется это тем, что почти 200 млн лет она не покрывалась морем и была обла-

стью континентального осадконакопления. На территории страны широко развиты мощные континентальные толщи мезозоя и кайнозоя, расчлененные эрозией, что облегчает поиски остатков ископаемых организмов. Еще в начале XX в. выдающийся палеонтолог А. А. Борисьяк и, независимо от него, лидер американской палеонтологии Г. Ф. Осборн высказали гипотезу, согласно которой территория Центральной Азии была областью формирования и центром расселения многих групп древних животных. Экспедиция АН СССР под руководством И. А. Ефремова (1946—1949) была первой советской палеонтологической экспедицией, проникшей в отдаленные районы пустыни Гоби и раскопавшей ряд местонахождений мезозойских динозавров и кайнозойских млекопитающих. Потребовалось 10 лет для научной обработки обширных коллекций ископаемых, составленных экспедицией. Смонтированные скелеты динозавров из знаменитых местонахождений Нэмэгэту и Алтан-Ула украсили экспозицию Палеонтологического музея АН СССР в Москве и Центрального музея в Улан-Баторе. В 60-е годы исследования были продолжены совместной Польско-Монгольской палеонтологической экспедицией, сосредоточившей свои усилия главным образом на раскопках местонахождений меловых динозавров и сопутствующей фауны.

С 1969 г. по настоящее время действует совместная Советско-Монгольская палеонтологическая экспедиция АН СССР и АН МНР (ССМПЭ). Ежегодно полевые работы в разных районах Монголии проводят несколько отрядов экспедиции. По характеру работы ССМПЭ отличается от всех предшествующих экспедиций комплексным характером проводимых исследований, охвативших огромный временной интервал — свыше полумиллиарда лет — от докембрия до четвертичного времени. Современная постановка работ ориентирована на комплексное изучение разнообразных вымерших организмов с широким привлечением литолого-стратиграфических, палеогеографических и палеомагнитных исследо-

ваний. Крупные раскопки с применением техники (бульдозеры, компрессоры, взрывные работы), послойные сборы древних организмов охватили более 150 местонахождений древней фауны и флоры.

Исследования ССМПЭ показали, что Центральная Азия в конце мезозоя была крупнейшей областью формирования многих групп хищных динозавров. Были получены новые уникальные материалы (череп, скелеты) по динозаврам — авимимидам, овирапторам, сегнозаврам, теризинозаврам и другим. Значительно расширились знания о других группах ископаемых рептилий — в особенности о черепахах и ящерицах. Совершенно новым в палеонтологии Монголии стало открытие остатков разнообразных летающих ящеров в нижнемеловых отложениях северо-запада и востока страны. Впервые на территории МНР найдены остатки древнейших раннемеловых млекопитающих, близких к предкам основного подкласса современных млекопитающих — плацентарным. Расширены представления о развитии класса млекопитающих в палеогене, открыты новые местонахождения, добыты богатые коллекции по нескольким их группам. ССМПЭ впервые на территории МНР обнаружила остатки раннемеловых птиц, обширные сборы остатков птиц проведены с разных горизонтов кайнозоя. Начат новый этап в разработке филогении этой малоизвестной в ископаемом состоянии группы. Интересные результаты получены при изучении добытых экспедицией материалов по континентальным беспозвоночным (насекомым, пресноводным моллюскам, остракодам и филлоподам). На их основе создается возможность проведения широких палеогеографических и палеозоологических исследований. Экспедицией также открыты остатки покрытосеменных растений в отложениях нижнего мела, собраны обширные коллекции отпечатков листьев, цветов и плодов из отложений раннего палеогена на юге страны. Собранные значительные коллекционные материалы по древним морским организмам и флоре палеозоя. Их изучение позволило к настоящему време-

ни разработать обоснованные стратиграфические схемы для отложений нижнего кембрия, ордовика, силура и девона. Разрабатываются основы палеобиогеографического районирования и выявляются центры развития и расселения древних морских организмов.

На основе коллекций, собранных экспедицией, в столице МНР Улан-Баторе впервые создан Музей палеонтологии, занимающий 4 экспозиционных зала. Ежегодно публикуются научные труды экспедиции. Благодаря совместным исследованиям советских и монгольских ученых, Монгольская Народная Республика становится одной из наиболее изученных в палеонтологическом отношении стран Азии.

Дополнительные сведения о палеонтологических исследованиях территории МНР можно найти в литературе:

Мартинсон Г. Г. ЗАГАДКИ ПУСТЫНИ ГОБИ. Л.: Наука, 1980.

Трофимов Б. А., Решетов В. Ю. АЗИЯ КАК ЦЕНТР РАЗВИТИЯ МЛЕКОПИТАЮЩИХ. — Природа, 1975, № 8.

Решетов В. Ю., Барсболд Р. ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В МОНГОЛИИ. — Природа, 1980, № 8.

Космические исследования

Запуски космических аппаратов в СССР (сентябрь — октябрь 1985 г.)

В сентябре — октябре 1985 г. в Советском Союзе было запущено 26 космических аппаратов, в том числе 21 спутник серии «Космос». На «Космос-1700» установлена экспериментальная аппаратура для ретрансляции телеграфно-телефонной информации, работающая в сантиметровом диапазоне длин волн.

Научная аппаратура «Космоса-1681 и -1689» предназначена для получения оперативной информации о природных ресурсах в интересах различных отраслей народного хозяйства СССР и международного сотрудничества. На «Космос-1689» продолжается отработка новых видов информационно-измерительной аппаратуры и методов дистанционных исследований поверхности и атмосферы Земли. Информация с этих спутников поступает в Государственный научно-исследовательский и производственный центр «Природа».

«Космос-1686» запущен для отработки оборудования, агрегатов и элементов конструкции в различных режимах полета, в том числе в совместном полете со станцией «Салют-7». По конструкции «Космос-1686» аналогичен «Космосу-1267 и -1443», испытания которых проводились в 1981—1983 гг. в различных режимах, а также в совместных полетах с орбитальными станциями «Салют-6 и -7».

Космический транспортный корабль «Союз Т-14» доставил на орбитальную станцию «Салют-7» экипаж в составе: В. В. Васютин (командир корабля), Г. М. Гречко (бортинженер) и А. А. Волков (космонавт-исследователь). В течение недели они вместе с космонавтами В. А. Джанибековым и В. П. Савиных выполнили большую программу научно-

Космический аппарат	Дата запуска	Параметры начальной орбиты			
		перигей, км	апогей, км	наклонение, град.	период обращения, мин
«Космос-1680»	4. IX	787	822	74,1	100,8
«Космос-1681»	6. IX	216	261	82,4	89
«Союз Т-14»	17. IX	200	240	51,6	88,6
«Космос-1682»	19. IX	435	454	65	93,3
«Космос-1683»	19. IX	208	399	72,9	90,2
«Космос-1684»	24. IX	613	39 342	62,8	709
«Космос-1685»	26. IX	209	379	72,9	90
«Космос-1686»	27. IX	178	320	51,6	89,2
«Космос-1687»	30. IX	613	39 342	62,8	709
«Космос-1688»	2. X	347	555	50,7	93,4
«Космос-1689»	3. X	574	663	98	97
«Молния-3»	3. X	644	40 605	62,9	735
«Космос-1690—1695»*	10. X	1 400	1 439	82,6	114
«Космос-1696»	16. X	216	298	70,4	89,3
«Космос-1697»	22. X	852	880	71	102
«Космос-1698»	22. X	613	39 342	62,8	709
«Молния-1»	23. X	658	38 845	63	700
«Метеор-3»	24. X	1 235	1263	82,5	110,3
«Космос-1699»	25. X	177	364	67,3	89,6
«Космос-1700»	25. X	35 760	35 760	1,4	1 431
«Молния-1»	28. X	480	39 145	62,8	702

* Спутники «Космос-1690, -1691, ..., -1695» запущены одной ракетой-носителем.

технических исследований и экспериментов¹.

Очередные спутники связи «Молния-1» и «Молния-3» предназначены для обеспечения эксплуатации системы дальней телефонно-телеграфной радиосвязи и передачи программ Центрального телевидения СССР на пункты сети «Орбита» и в рамках международного сотрудничества.

Осуществлен запуск первого метеорологического спутника новой серии «Метеор-3». Основная задача запуска — дальнейшее совершенствование метеорологической системы с использованием искусственных спутников Земли, в том числе отработка информационно-измерительной аппаратуры и методов дистанционного зондирования атмосферы и поверхности Земли в интересах науки

и различных отраслей народного хозяйства СССР. На борту спутника установлены комплекс оптико-механической сканирующей телевизионной аппаратуры, радиометрическая аппаратура, а также приборы для геофизических исследований.

Космические исследования

Экспедиция на «Салют-7» (сентябрь—октябрь 1985 г.)

В сентябре — октябре 1985 г. советские космонавты продолжили научно-исследовательскую работу на борту орбитальной станции «Салют-7».

В. А. Джанибеков и В. П. Савиных выполнили серию экспериментов по космическому материаловедению с помощью аппаратуры «Электротопограф». Для создателей космической техники представляет большой интерес определение непосред-

¹ Подробнее об этом см.: «Союз Т-14» — Природа, 1986, № 1, с. 101.

ственно на борту пилотируемого аппарата состояния конструктивных материалов, подвергшихся комплексному воздействию открытого космического пространства. В экспериментах образцы различных материалов экспонируются в разгерметизированной шлюзовой камере, а контроль за их состоянием ведется с помощью «Электротопографа».

Был проведен также эксперимент, в котором с помощью прецизионной аппаратуры «Бирюза» и «Анализ» исследовались процессы роста кристаллов из растворов и расплавов в условиях слабой гравитации.

До частичной смены экипажа космонавты провели также эксперименты по изучению механизмов генерации частиц высоких энергий в радиационных поясах Земли и околоземном космическом пространстве (с помощью прибора «Мария»), серию измерений для оценки параметров атмосферы в непосредственной близости от орбитального комплекса (с помощью масс-спектрометрической аппаратуры «Астра-1»), ряд биологических экспериментов по определению оптимальных условий для культивирования высших растений в космических оранжереях, наблюдения и фотосъемку отдельных районов суши и акватории Мирового океана; были установлены также оптические и спектральные характеристики земной атмосферы.

С 18 по 25 сентября 1985 г. космонавты В. А. Джанибеков и В. П. Савиных работали вместе с экипажем космического корабля «Союз Т-14» — В. В. Васютин, Г. М. Гречко и А. А. Волковым¹, после чего произошла частичная смена экипажа: В. А. Джанибеков и Г. М. Гречко на корабле «Союз Т-13» возвратились на Землю, а В. В. Васютин, В. П. Савиных и А. А. Волков продолжали работу на станции.

На технологической установке «Пион» были выполнены несколько циклов экспериментов, в которых изучались процессы

тепло- и массопереноса в жидких средах в условиях слабой гравитации. В частности, исследовалась возможность управления термокапиллярными течениями с помощью переменных температурных полей.

Значительное время в работе экипажа отводилось геофизическим экспериментам. Велись визуальные наблюдения и съемка отдельных районов акватории Мирового океана и территории Советского Союза в средних и южных широтах, в том числе Прибалтики, Северного Казахстана, Кавказа, республик Средней Азии, Аральского, Каспийского и Черного морей. В эксперименте «Аэрозоль» была получена новая информация о серебристых облаках, газовом составе атмосферы, ее оптических и спектральных характеристиках.

Был проведен сбор метеоритного вещества в околоземном космическом пространстве; в экспериментах использовалась аппаратура, созданная совместно учеными Советского Союза и Франции и установленная на внешней поверхности станции В. А. Джанибековым и В. П. Савиных во время выхода в открытый космос.

В космических оранжереях «Оазис» и «Вазон» продолжались эксперименты с высшими растениями: проростками перца, лука, салата. На установке «Биогравитат» исследовалось развитие высших растений в условиях искусственной гравитации.

По-прежнему большое место отводилось медицинским обследованиям космонавтов; периодически проводились комплексные обследования их сердечно-сосудистой системы, оценивалось состояние мышц, мало нагруженных в невесомости.

С. А. Никитин
Москва

Космические исследования

«Планета А»

19 августа 1985 г. с космодрома Утиноура (Космический центр Кагосима) запущен японский космический аппарат

«Планета А» для исследований кометы Галлея.

Аппарат имеет форму цилиндра длиной 0,7 м и диаметром 1,4 м; его стартовая масса 139,7 кг, включая 10 кг научной аппаратуры. Аппарат стабилизируется вращением с номинальной угловой скоростью 5 об/мин (в течение всего полета, за исключением периода работы ультрафиолетовой камеры — около 10 дней, когда скорость вращения будет снижена до 0,2 об/мин); ось вращения ориентируется перпендикулярно плоскости эклиптики. В верхней части корпуса установлена параболическая антенна с высоким коэффициентом усиления, снабженная механизмом противовращения и постоянно направленная на Землю. Внешняя сторона корпуса покрыта солнечными элементами, обеспечивающими выработку 70 Вт электроэнергии.

С помощью «Планеты А» планируется провести:

наблюдение процессов роста и спада плотности водородной короны вокруг кометы путем получения изображений в линии Лайман-α (в течение 10 дней до и после пролета кометы);

регистрацию скорости распространения атомов водорода;

измерения интенсивности потока солнечного ветра, энергетического спектра плазмы солнечного ветра и углового распределения потока в окрестностях кометы.

Для выполнения этих задач на космическом аппарате установлены ультрафиолетовая камера-телескоп (для получения изображений в линии Лайман-α) и анализатор ионов и электронов в плазме солнечного ветра.

8 марта 1986 г. в 12 ч 56 мин по Гринвичу аппарат должен пройти на расстоянии около 211 тыс. км от ядра кометы Галлея.

Примерно в это же время в окрестностях кометы Галлея (на расстоянии примерно 7 млн км от ядра) будет находиться второй японский космический аппарат «М5-Т5» («Сакигаке»), запущенный 7 января 1985 г. Первоначально он предназначался для отработки ракетно-носителя, проверки надежности системы связи с объектом

¹ Подробнее о работе пяти космонавтов на станции «Салют-7» см.: Природа, 1986, № 1, с. 101.

в дальнем космосе, системы управления и стабилизации и другого оборудования «основного» космического аппарата — «Планеты А». Но поскольку на «Планете А» не удалось установить всю научную аппаратуру, часть ее перенесли на «MS-T5», который в полете несет, таким образом, магнитометр, приемник низкочастотного радиоизлучения и детектор солнечного ветра. «MS-T5» должен регистрировать солнечный ветер и межпланетные магнитные поля на траектории полета к комете Галлея, а при проходе около нее со стороны, противоположной Солнцу, регистрировать солнечный ветер, чтобы обнаружить возмущения в нем, вызванные кометой.

Масса «MS-T5» 138 кг, диаметр цилиндрического корпуса, 1,4 м, длина 0,7 м. *Spacewar Bulletin*, 1985, SPX-382, p. 2 (КОСПАР); *Flight*, 1985, v. 127, № 3944, p. 17 (Великобритания).

Астрофизика

Пятый пульсар в составе двойной системы

С помощью 92-метрового радиотелескопа Национальной радиоастрономической обсерватории (США) обнаружен пятый пульсар, входящий в состав двойной звездной системы. Среди пяти известных в настоящее время пульсаров, совершающих вращение вокруг другой звезды, пульсар PSR 2303+49 имеет самый большой период, равный 1,066 с. Большой эксцентриситет его орбиты ($e=0,658$) указывает на то, что компаньоном пульсара является компактный объект, по-видимому, также нейтронная звезда.

Подобный вывод основан на том, что при достаточно малом радиусе орбиты (около 15 солнечных радиусов) приливные силы довольно быстро сделали бы орбиту круговой ($e=0$), если бы звезда-компаньон представляла собой обычную звезду. Малый эксцентриситет орбиты, обнаруженный у трех других аналогичных пульсаров, подтверждает эту точку зрения. Четвертый пульсар, PSR 1913+16, имеющий большой эк-

сцентриситет, тщательно исследовался ранее. С помощью его наблюдений с большой точностью была проверена общая теория относительности Эйнштейна¹. Кроме того, измерение массы звезды-компаньона этого пульсара позволило с большой вероятностью утверждать, что она является нейтронной звездой. Однако только что открытый пульсар PSR 2303+49 имеет значительно больший период, чем PSR 1913+16; отсюда делается вывод об иной эволюционной истории этого пульсара.

Общий сценарий эволюции системы, содержащей две массивные звезды (общей массой 8—15 $M_{\odot}$), состоит в следующем. Более массивная звезда первой становится неустойчивой и взрывается как сверхновая, оставляя после себя нейтронную звезду, вращающуюся по довольно вытянутой орбите. Вторая звезда, эволюционируя, становится гигантом и как бы накрывает своей атмосферой нейтронную звезду. Их совместное вращение становится более тесным и круговым, а перетекающее на нейтронную звезду вещество гиганта раскручивает ее до довольно малого периода. Наконец и звезда-гигант становится неустойчивой, взрывается, образуя вторую нейтронную звезду с орбитой, обладающей большим эксцентриситетом. В этой модели более молодая нейтронная звезда вращается медленнее старой. Таким образом, пульсар PSR 2303+49 представляет собой молодую звезду в системе двух нейтронных звезд, в то время как PSR 1913+16 — старая звезда.

Вполне вероятно, что звезда-компаньон также является пульсаром, но со значительно меньшим периодом. Дальнейшие исследования покажут, можно ли наблюдать и этот пульсар.

The Astrophysical Journal, 1985, v. 294, L 21—24 (США).

¹ Подробнее об этом см.: Шакур А. И. Гравитационное излучение от двойной системы, содержащей радиопульсар. — *Природа*, 1979, № 10, с. 99; 1984, № 11, с. 102.

Астрофизика

Гигантские молекулярные облака в Галактике

А. В. Гуревич, В. А. Догель, К. П. Зыбин и Я. Н. Истомин (Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР) предложили новый механизм ускорения частиц в молекулярных облаках.

Обычно предполагается, что процессы ускорения происходят в окрестности звезд. В самом деле, энергии, заключенной во вращении пульсаров, звездном ветре горячих О- и В-звезд и особенно выделяющейся при взрывах сверхновых звезд, достаточно, чтобы ускорить заряженные частицы до релятивистских энергий и обеспечить наблюдаемый поток космических лучей в Галактике. Однако в ходе исследований на спутниках SAS-II и COS-B стало ясно, что ускорение частиц может происходить и в гигантских молекулярных облаках.

На первый взгляд, трудно представить молекулярные облака как области эффективного ускорения частиц. Ведь это холодные ($T \sim 10$ К) и плотные (плотность около 10^{-3} см⁻³) области скопления молекулярного водорода. Масса газа в облаке может достигать величины 10^5 — $10^6 M_{\odot}$, а размер облака около 10—100 пк. Тем не менее наблюдения показывают, что в облаках сосредоточена огромная энергия в виде энергии турбулентного движения нейтрального газа.

В предложенной исследователями ФИАН модели именно турбулентность оказывается ключевым моментом. Под действием турбулентности даже в условиях низкой степени ионизации газа облаков (около 10^{-6}) в них возбуждаются хаотические электромагнитные поля, которые и ускоряют частицы. В результате плотность космических лучей в облаках при энергиях, превышающих 1 ГэВ, может быть выше, чем в межоблачном пространстве.

Наличие ускорения частиц в облаках приводит к интересным астрофизическим следствиям. Гигантские молекуляр-

ные облака могут быть основным источником антипротонов и других легких вторичных ядер в составе галактических космических лучей. Кроме того, в этих облаках может возникать значительная часть наблюдаемого потока позитронов. Согласно данной модели, поток гамма-излучения от молекулярных облаков составляет значительную величину — 10^{35} эрг/с. Интересно, что примерно такой же поток гамма-излучения наблюдался от так называемых неотожествленных гамма-источников, открытых на спутнике COS-B (от этих источников наблюдается поток только в гамма-диапазоне, и не обнаружено сколько-нибудь заметного излучения в других диапазонах длин волн). Совпадение величин гамма-потоков подтверждает предположение, что, возможно, часть неотожествленных гамма-источников является молекулярными облаками.

Письма в *Астрономический журнал*, 1985, т. 11, № 9, с. 675—686.

Астрономия

Активные галактики, — объекты ИРАС

С января по ноябрь 1983 г. инфракрасный телескоп орбитальной обсерватории ИРАС провел обзор почти всего неба в диапазоне 8—120 мкм и обнаружил тысячи неизвестных ранее инфракрасных источников. Большая часть этой информации до сих пор обрабатывается, но данные о нескольких сотнях источников были опубликованы в циркулярах ИРАС¹.

Индийский астроном П. Сял (P. Seal; Институт астрофизики, Бангалора), используя координаты инфракрасных источников, провел их отождествление с неизвестными объектами не звездной природы — галактиками, туманностями и т. п. Из 400 с лишним источников удалось отождествить 110,

из них 99 — с галактиками, 9 — с эмиссионными, отражательными или планетарными туманностями, 1 — с темной туманностью и 1 — с объектом непонятной природы. Таким образом, большинство отождествленных объектов оказались внегалактическими.

В галактиках источником инфракрасного излучения как правило является межзвездная пыль, нагретая оптическим и ультрафиолетовым излучением молодых горячих звезд. Хорошо изученным представителем такого рода объектов является галактика М 82, в которой происходит активный процесс образования звезд. У некоторых объектов инфракрасное излучение имеет нетепловую природу, как, например, у близкого квазара 3С 273. Сравнив инфракрасные спектры отождествленных им галактик со спектрами М 82 и 3С 273, П. Сял заключил, что у большинства источников излучение связано с межзвездной пылью, нагретой до температуры 30—50 К. По-видимому, это свидетельствует о процессе бурного образования звезд в данных галактиках. Впрочем, не исключено, что у некоторых из них часть инфракрасного излучения имеет тепловое происхождение и связана с активностью галактического ядра.

Почти все отождествленные галактики оказались далекими объектами, некоторые удалены от нас на многие сотни мегапарсек. Поэтому лишь у 35 относительно близких галактик удалось определить морфологический тип; большинство оказалось спиральными. Это не удивительно, так как именно в спиральных галактиках много межзвездной пыли и газа и происходит интенсивное образование звезд.

«Замеченные» ИРАСом галактики по характеру своего инфракрасного излучения более всего напоминают сейфертовские и N-галактики, т. е. спиральные галактики с ярко выраженной активностью в ядре и мощным процессом образования звезд. Об этом же говорит и одинаковая связь между мощностью оптического и инфракрасного излучения у новых и изученных ранее сейфертов-

ских галактик. Среди вновь открытых активных галактик некоторые оказались даже более мощными инфракрасными и оптическими объектами, чем известные до сих пор сейфертовские галактики. Любопытно, что при переходе от относительно слабых к более мощным источникам их инфракрасная светимость растет быстрее оптической, так что у наиболее активных галактик она в несколько раз превосходит оптическую. Вполне возможно, что в недалеком будущем инфракрасный диапазон окажется наиболее удобным для поиска активных галактик.

Astrophysics and Space Science, 1985, v. 113, p. 391—404 (США).

Астрономия. Геодезия.

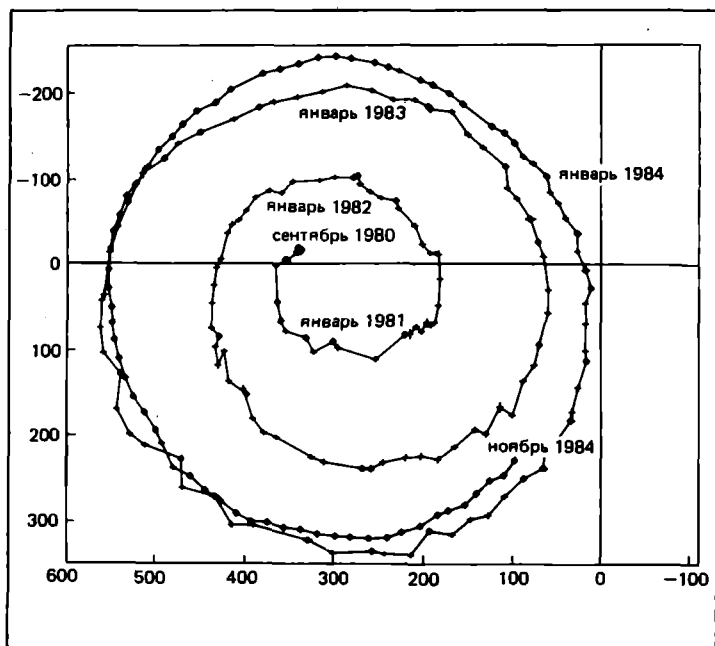
Радиоастрономия — наукам о Земле

Радиоинтерферометрия со сверхдлинной базой прочно заняла место в арсенале наиболее эффективных средств современной астрономии¹. Однако тем же методом можно с большим успехом исследовать и Землю. Дело в том, что зарегистрировать интерференцию сигналов, принятых двумя различными на большое расстояние радиотелескопами при наблюдении одного и того же источника излучения, означает точно определить запаздывание приема этих сигналов на обоих телескопах, а также установить производную этого запаздывания по времени. Зная эти величины, можно оценить вектор базы, связывающий два радиотелескопа, и скорость движения этого вектора, что обусловлено вращением Земли. В такой постановке эксперимент становится геодезическим.

С начала 80-х годов в ми-

¹ Подробнее об этом см.: *Астрономические открытия инфракрасного спутника ИРАС*. — *Природа*, 1984, № 7, с. 103.

¹ Об уникальных сведениях о структуре галактических и внегалактических радиоисточников, полученных методами радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой, см., напр.: Матаев Л. И. Сверхдлинная радиоинтерферометрия. — *Природа*, 1982, № 7, с. 56.



Траектория движения Северного полюса Земли в период с сентября 1980 по ноябрь 1984 г. По осям отложены миллисекунды дуги.

ре ведутся три крупные программы по радиоинтерферометрии в интересах геодезии: американский проект ПОЛАРИС (Polar-Motion Analysis by Radio Interferometric Surveying — Анализ движения полюса методами радиоинтерферометрического обзора), европейский проект МЕРИТ (Monitor Earth Rotation and Intercompare the Techniques of observation and analysis — Контроль за вращением Земли и сличение средств наблюдения и анализа), а также международный проект ИРИС (International Radio Interferometric Surveying — Международный радиоинтерферометрический обзор). В них участвуют почти все крупные радиотелескопы Европы, Америки, Азии и Австралии. Процедура геодезических экспериментов во многом (включая прием, регистрацию и первичную обработку данных на специальных быстродействующих процессорах) совпадает с процедурой астрофизических наблюдений. Это обстоятельство взаимовыгодно и астрофизикам и геодезистам, так как позво-

ляет объединять силы и средства для создания сложной аппаратуры.

У. Картер, Д. Робертсон и Дж. Маккей (W. Carter, D. Robertson, J. MacKay; Лаборатория геодезических исследований, Роквилл, штат Мэриленд, США) приводят результаты геодезических экспериментов с помощью радиоинтерферометра. Обсуждаются данные о движении географического полюса Земли в период с сентября 1980 по ноябрь 1984 г. В пересчете на линейные единицы измерения точность, с которой определены координаты Северного полюса Земли, составляет около 1 см, что недоступно никакими другими методами.

Интересны результаты многочисленных прецизионных измерений длин баз, соединяющих телескопы Европы и Америки. Установлено, что тектонические плиты Европейского и Американского материков расходятся со средней относительной скоростью порядка около 1 см/год. Эти данные важны для понимания геодинамических процессов, идущих в недрах Земли.

Journal of Geophysical Research, 1985, v. 90, № 86, p. 4577—4587 (США).

Физика

Сверхпроводимость, индуцированная магнитным полем

«Природа» уже сообщала о соединении, в котором магнитное поле сначала разрушает, а затем восстанавливает сверхпроводимость¹. Недавно было обнаружено еще более удивительное явление: в соединении CePb_3 сверхпроводимость не наблюдается вплоть до самых низких температур, но если его охладить до 0,2 К и поместить в сильное магнитное поле напряженностью свыше 140 кЭ, сопротивление образца становится равным нулю — возникает сверхпроводимость. Итак, впервые обнаружено вещество, в котором магнитное поле не разрушает, а, наоборот, индуцирует сверхпроводимость.

Такое необычное поведение CePb_3 , по мнению авторов работы — сотрудников Бостонского и Темплского университетов, а также Лос-Аламосской лаборатории (США), — связано с магнитными атомами Се. В отсутствие поля при температуре около 1,1 К в CePb_3 происходит антиферромагнитный переход: магнитные моменты атомов Се выстраиваются антипараллельно друг другу. Этот переход, в частности, ярко проявляется в скачке теплоемкости. Теплоемкость CePb_3 намного превосходит значения, характерные для обычных металлов. При низких температурах теплоемкость металла пропорциональна температуре; коэффициент пропорциональности для CePb_3 превышает 200 мДж/моль · К², что в 200 раз больше значений, типичных для металлов. Отсюда следует, что и эффективная электронная масса в CePb_3 в сотни раз больше массы свободного электрона.

В магнитных соединениях всегда имеют место флуктуации величины магнитного момента. В CePb_3 такие флук-

¹ Магнитное поле разрушает и... восстанавливает сверхпроводимость. — Природа, 1986, № 1, с. 104.

туации момента Се благодаря обменному взаимодействию с электронами проводимости разрушают сверхпроводящие куперовские пары. В свою очередь, сильное внешнее магнитное поле выстраивает магнитные моменты Се по направлению поля (разрушая антиферромагнитный порядок) и не дает им отклоняться от этого направления, подавляя тем самым флуктуации. В результате создаются условия для появления сверхпроводимости. Однако поле стремится выстроиться в своем направлении и антипараллельные спины электронов, входящих в сверхпроводящую пару, а значит, разрушить ее. Чтобы этого не произошло, внешнее магнитное поле должно компенсироваться «эффективным» обменным полем магнитных атомов Се. По-видимому, это и происходит в полях напряженностью свыше 140 кЭ.

Следует отметить, что в столь сильном магнитном поле движение электронов сверхпроводящих куперовской пары не приводит к ее разрушению лишь благодаря очень большой эффективной электронной массе (а значит, малой скорости электронов). Итак, объяснение необычного поведения CePb_3 основано на предположении уникального сочетания свойств этого соединения. Конечно, такое объяснение не окончательно; не исключено, что существуют какие-либо новые, неизвестные механизмы сверхпроводимости. Несомненно, однако, что исследование соединений, в которых сверхпроводимость возникает лишь под действием сильного магнитного поля, должно принести важные результаты.

Physical Review Letters, 1985, v. 54, № 23, p. 2541—2544 (США).

Физика

Оптический метод определения возраста осадочных пород

Группа канадских исследователей (университет С. Фрейзера, Британская Колумбия) предложила новый метод опре-

деления возраста осадочных пород. Он состоит в установлении времени, прошедшего с момента последней экспозиции породы на солнечном свете в прошлом, после чего порода оказывалась погребенной под вышележащими слоями.

До последнего времени датирование молодых осадочных пород осуществлялось с помощью радиоуглеродного метода по органическому веществу, содержащемуся в них. Новый метод, позволяющий определять возраст зерен породы, близок к термолюминесцентному методу и методу электронно-спинового резонанса. Но имеются и отличия: в двух последних методах доза излучения от радиоактивных элементов определяется по накоплению электронов, возникших под действием радиации в дефектах кристаллической структуры. В новом методе измеряется число электронов, способных покидать дефекты структуры (ловушки) под действием только светового излучения.

Первым объектом, возраст которого определяли новым методом, были песчаные береговые дюны на юго-востоке Австралии. Они в течение миллиона лет находились под слоем океанической воды. Вторым объектом были пробы кварца из почвенного горизонта, образованного золотым материалом, в стратифицированных археологических слоях.

Пробы облучались аргонным лазером. Интенсивное лазерное излучение заставляло рекомбинировать электроны, ранее находившиеся в кристаллических дефектах-ловушках. Каждый акт рекомбинации сопровождался люминесценцией — испусканием фотонов, число которых фиксировалось фотоумножителем. Чем больше возраст породы, тем больше фотонов регистрирует фотоумножитель. (Как выяснилось с помощью специальных отградуированных минералов-стандартов, число фотонов количественно связано с возрастом породы.) Таким образом метод позволяет измерять интервалы времени от 1 тыс. до 100 тыс. лет.

Чувствительность оптического метода такова, что можно

определить возраст породы по образцу массой всего в несколько миллиграммов, при этом относительная погрешность в определении возраста составляет ± 10 — 12% . Для одного из образцов возраст был определен оптическим методом, а также радиоуглеродным и термолюминесцентным. Получены следующие, совпадающие в пределах погрешности определения, оценки: 62 ± 8 , $58 \pm 0,3$ и 64 ± 12 тыс. лет.

Новый метод датирования представляет несомненный интерес для палеогеографии, геологии, археологии.

Nature, 1985, v. 313, p. 105—107 (Великобритания).

Физика

Спиновое стекло как модель мозга

С появлением ЭВМ возникли попытки описать работу человеческого мозга по аналогии с работой компьютера, т. е. представить мозг в виде набора «ячеек памяти» — нейронов. Однако довольно быстро выяснилось, что аналогия эта весьма слабая: сейчас, например, ЭВМ с памятью 1 Мбайт (что соответствует числу нейронов в мозге) — не редкость, но по умению запоминать и распознавать образы она не сравнится с человеком.

Оказалось, что имеется еще одна система, которая по своим свойствам во многом похожа на мозг. Речь идет о спиновом стекле — системе магнитных моментов (атомов), которые связаны между собой попарно случайным по знаку взаимодействием. Энергия такой системы описывается формулой $E = \sum_{ij} J_{ij} \sigma_i \sigma_j$, где σ_i — значение магнитного момента (+1 или -1), а J_{ij} может принимать положительные и отрицательные значения.

Главная особенность спинового стекла — большое число метастабильных состояний, т. е. локальных минимумов энергии. Каждому такому минимуму соответствует определенное рас-

положение спинов σ_i^α , где α — «номер» метастабильного состояния. Если (например, с помощью неоднородного магнитного поля) привести систему в какое-нибудь неустойчивое состояние с расположением спинов — σ_i^0 , а потом снять поле, то из всех возможных система «свалится» в такое метастабильное состояние, которое ближе всего к состоянию σ_i^0 ; значение $\sum \sigma_i^0 \sigma_i^\alpha$ должно быть максимальным. Это означает, что система обладает своеобразной памятью, причем память эта «распределенная» — т. е. запоминает сразу все стекло, и возможно восстановление полного образа по его части.

Аналогия с мозгом окажется полной, если метастабильные состояния σ^α будут не случайным расположением спинов, а заранее заданным «образом». Это значит, что нужно уметь так изменять параметры стекла J_{ij} , чтобы запоминаемые образы отвечали его метастабильным состояниям.

Существует несколько способов такой «подгонки» J_{ij} . Простейший был предложен американским физиком Дж. Хопфилдом (J. Hopfield)¹. Результаты численных экспериментов с моделью Хопфилда вызвали огромный интерес физиков, нейробиологов и специалистов по компьютерам. Оказалось, что даже простейший алгоритм позволяет «запомнить» большое число образов-картинок, т. е. заранее заданных расположений спинов (причем всего примерно в 10 раз меньше, чем число нейронов), и «вспоминать» их потом даже после большого искажения.

Аналогия с мозгом оказалась далеко идущей; существует, например, процедура, позволяющая улучшить «запоминаемость», уточняя уже найденные значения J_{ij} . В процессе этой процедуры стекло «проигрывает» в случайных сочетаниях то, что было в него записано ранее. Формально это напоминает механизм «быстрого сна».

Другой пример. Как известно, уничтожая часть связей между нейронами (явление, наблюдаемое у человека в первые годы жизни), можно уже «записанные» образы запомнить гораздо крепче. Такое же явление наблюдалось и в спиновой модели².

Конечно, существующие сейчас модели спиновых стекол примитивны, человеческий мозг гораздо сложнее. Но все же принцип действия спинового стекла гораздо ближе к мозгу, чем существовавшие ранее компьютерные модели.

И. И. Мазин,
М. В. Фейгельман,

кандидаты физико-математических наук
Москва

Физика. Техника

Часы для спутниковой навигации

Новый тип часов, точность которых находится в пределах одной секунды за 30 млн лет, проходит испытания в исследовательских лабораториях самолетостроительной компании «Хьюз» в Калифорнии (США). Конструкция атомных часов с водородным мазером изменена так, что их можно использовать в космосе. В период разработки часы были уменьшены в размере и массе; так, например, масса холодильного агрегата снижена с 45,3 до 2,3 кг.

Часы, сконструированные для использования на спутниковых навигационных системах, облегчат потребителям высокоточное определение своего местоположения. Дело в том, что самые незначительные перебои в ходе могут привести к отклонению высокими погрешностями; например, часы, отстающие на одну миллиардную долю секунды, могут дать ошибку в положении объекта в 1,0—1,5 м. Новые часы особенно нужны при посадке летательных

аппаратов на небольшие по размерам площадки или полосы в условиях ограниченной видимости или при выводе морских буровых платформ к «устьям» подводных скважин.

Подготовленные к работе в космосе, первые атомные часы с водородным мазером способны выдержать жесткие требования при выводе на орбиту и работе на ней. Предполагается, что они будут использованы в глобальной спутниковой системе НАВСТАР, состоящей из 18 спутников, по крайней мере 4 из которых будут всегда находиться в поле «видимости» из любой точки Земли. Одна из целей глобальной спутниковой системы — достижение такой точности, при которой величина суммарной ошибки в определении места не превышала бы 4,6 м, а «доля» в ней, вносимая часами, составляла бы не более 1,8 м. Новые часы и должны дать системе требуемую точность.

International hydrographic bulletin, 1985, № 7, p. 261—262 (Монако).

Молекулярная биология

Локализация антигенных детерминант

В последние годы предпринимались попытки определить, сколько участков, способных стимулировать образование соответствующих антител, имеют молекулы антигенов и каковы свойства этих участков, называемых антигенными детерминантами. Для этого из полипептидной цепочки данного белка получают пептиды небольшой длины (6—8 аминокислот) и исследуют их способность реагировать с антителами, содержащимися в антисыворотках против цельного белка. Считается, что антигенные детерминанты являются в основном непрерывными участками цепочки, расположенными, как правило, на выступающих частях молекулы, и число их невелико.

М. ван Реженмортель и сотрудники (М. H. V. van Regenmortel; Институт молекулярной биологии, Страсбург, Франция)

¹ Hopfield J. — Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 1982, v. 79, p. 2554; 1984, v. 81, p. 3088.

² Lectures for the Int. Symp. on complex systems. Elnau, 1985.

изучали антигенные свойства белка оболочки вируса табачной мозаики. Аминокислотная структура (158 аминокислот) и пространственная укладка цепи известны, что позволяет точно интерпретировать полученные данные. Вначале были получены 30 моноклональных антител к белку, а также поликлональные антисыворотки. Затем изучались реакции всех этих антител с 18 синтетическими пептидами, в совокупности представлявшими всю полипептидную цепочку.

С пептидами реагировали 5 моноклональных антител, а остальные только с целой молекулой. Очевидно, что большинство моноклональных антител специфично лишь к тем детерминантам, которые встречаются в неизменной молекуле, т. е. их реакция зависит не столько от линейной последовательности аминокислот, сколько от пространственной укладки (конформации) полипептидной цепи. Действительно, когда были изучены более длинные пептиды, удалось обнаружить новые антигенные детерминанты, ускользавшие при изучении коротких отрезков цепи. У длинных пептидов больше возможностей свернуться наподобие определенных участков цельной молекулы.

Существенно, что все 18 использовавшихся пептидов могли связываться с антителами, содержащимися в антисыворотке против цельной молекулы белка. Поскольку положение в пространстве отрезков цепи, соответствующих этим пептидам, почти во всех случаях было известно на основании рентгеноструктурных данных, авторы считают, что вся поверхность молекулы антигенна.

EMBO Journal, 1985, v. 4, No 5, p. 1231—1235 (Великобритания).

Генетика

Гетерозиготность и партеногенез

Существуют данные о высоком уровне гетерозиготности животных, способных размно-

жаться партеногенетически, т. е. без оплодотворения. В. К. Бараускене (Институт зоологии и паразитологии АН ЛитССР), Э. К. Лекявичюс (Институт ботаники АН ЛитССР) и Ю. П. Алтухов (Институт общей генетики им. Н. И. Вавилова АН СССР) попытались выяснить, зависит ли способ размножения дафний (*Daphnia magna*) от степени гетерозиготности в популяциях.

Несколько летних поколений этого вида дафнии состоят только из самок, которые размножаются амеиотическим партеногенезом; в ответ на изменение условий среды обитания, например при возрастании популяционной плотности или изменении фотопериода, в партеногенетическом потомстве появляются самцы, и в результате этого однополый, партеногенетический, способ размножения сменяется двуполом.

Чтобы ответить на поставленный вопрос, авторы снижали гетерозиготность дафний с помощью инбридинга (близкородственного спаривания). Так как генотип самок и самок, рожденных партеногенетически, тождествен материнскому (за исключением половых хромосом), скрещивание братьев и сестер дает потомство со сниженным, по сравнению с природными популяциями, уровнем гетерозиготности (приблизительно на 50 %). Если уровень гетерозиготности играет какую-то роль в определении способа размножения дафнии, в таком потомстве должно измениться число самок, рождаемых партеногенетической самкой.

В экспериментальных культурах, полученных от инбридинга, при плотности до 20 особей в 100 мл озерной воды самок появлялось в среднем 37,7 %; если плотность увеличивалась до 40 особей, число самок доходило до 68,9 %. В контрольной линии (без инбридинга) при тех же плотностях в популяциях самок было 7,3 и 9,8 % соответственно. Следовательно, чем ниже уровень гетерозиготности, тем больше самок появляется в потомстве партеногенетической самки и в итоге наступает смена способа размножения.

По мнению авторов, для каждого вида организмов, спо-

собных размножаться партеногенетически, характерен оптимальный уровень гетерозиготности, который обеспечивает максимальную приспособленность к данным условиям обитания. Для поддержания такого уровня, видимо, существуют закрепленные естественным отбором механизмы, один из которых — двуполое размножение. Действительно, судя по результатам экспериментов, при оптимальном уровне гетерозиготности дафнии размножаются партеногенетически, но как только он снижается, появляются самцы и дафнии начинают размножаться двуполом способом.

Генетика, 1985, т. XXI, No 4, с. 591—597.

Генетика

Дрожжи используются в изучении рака

Исследования, проведенные в лабораториях Дж. Уотсона (J. Watson) и Э. Сколника (E. Scolnick) и в других научных центрах США и Японии, показали, что дрожжи могут служить модельным организмом для исследования генетических явлений, ведущих к перерождению нормальных клеток в злокачественные. Такую трансформацию могут вызвать мутации в генах *ras*, кодирующих белки p21; функция этих белков человека оставалась неизвестной до тех пор, пока в дрожжах не были обнаружены близкие по структуре гены *RAS1* и *RAS2*. Структура С-конца их продуктов на 90 % гомологична белкам *ras* млекопитающих, для N-конца гомология достигает лишь 60 %.

Повреждение обоих генов дрожжей *RAS1* и *RAS2* вызывает гибель клеток, которые, однако, сохраняют жизнеспособность при замене дрожжевых генов гомологичными генами человека *ras*. Такая взаимозаменяемость генов свидетельствует о том, что они выполняют сходные функции. Это подтвердилось в работах Э. Сколника с сотрудниками, которые показали, что как белок p21 из клеток

млекопитающих, так и продукты генов RAS дрожжей связывают гуаниловые нуклеотиды и обладают способностью гидролизовать пирифосфат.

Т. Toda (T. Toda) с сотрудниками установили, что продукты генов RAS стимулируют фермент аденилатциклазу, катализирующую превращение АМФ (аденозинмонофосфорной кислоты) в циклическую форму цАМФ. Стала понятной и природа мутаций в генах RAS дрожжей, аналогичных мутациям в генах RAS человека, которые вызывают трансформацию здоровых клеток в злокачественные. Оказалось, что в мутантах по гену RAS содержание цАМФ в несколько раз повышается, что вызывает дополнительное фосфорилирование клеточных белков. Повышение степени фосфорилирования белков влияет на клеточный цикл, что и вызывает трансформацию клеток.

Nature, 1985, v. 313, p. 700—702 (Великобритания); Cell, 1985, v. 40, p. 27—32 (США).

Иммунология

Гибридомы «кролик — мышь»

Широко используемые в медицине моноклональные антитела образуются гибридомами — клетками, возникающими в результате слияния лимфоцитов со злокачественными миеломными клетками. Эти гибридомы наследуют способность к синтезу антител, сохраняя при этом и способность к делению в культуре ткани или в организме. Как правило, для получения гибридомы оба партнера для слияния берутся от мыши, и поэтому большая часть продуктов гибридом, т. е. моноклональные антитела, — это иммуноглобулины мыши. Относительно просто происходит слияние лимфоцитов крысы с миеломными клетками мыши, и в ряде работ применялись моноклональные антитела крыс, но для многих исследований необходимы моноклональные антитела, синтезируемые гибридомами иного происхождения. Оказа-

лось, что вырастить устойчивые гибридомы с участием лимфоцитов других видов животных очень трудно.

Группе иммунологов из Национального института аллергии и инфекционных заболеваний (США) под руководством Т. Киндта (T. Kindt) удалось вывести и длительно культивировать линии гибридом, возникших после слияния кроличьих лимфоцитов с миеломными клетками мыши. Полученные гибридомы «кролик—мышь» были способны к синтезу цельных молекул моноклональных антител, хотя и значительно менее интенсивно, чем у чисто мышиных гибридом. Таким образом, показана принципиальная возможность получения моноклональных антител кролика, животного, которое очень широко используется в иммунологических исследованиях. Важность работы этим не ограничивается: дело в том, что до сих пор не получены жизнеспособные линии лимфоидных клеток кролика, которые могли бы послужить объектом изучения биосинтеза антител у этих животных. Гибридомы «кролик — мышь» позволяют теперь использовать весь арсенал современных молекулярно-биологических методов для выяснения биохимических и генетических особенностей образования антител у кроликов.

Molecular Immunology, 1985, v. 22, № 4, p. 351—356 (Великобритания).

Иммунология

Как установить специфичность моноклональных антител

Моноклональные антитела, которые синтезируются гибридами лимфоцитов и злокачественных миеломных клеток, являются высокоспецифичными реагентами; поэтому они получили исключительно широкое распространение в биологических исследованиях, а также в практической медицине. При выделении моноклональных антител очень важно определить их специфичность. Обычно для это-

го используется так называемый твердофазный иммуноферментный метод. Однако для выполнения этого теста необходимы высокоочищенные антигены, и от их чистоты полностью зависит специфичность реакции.

Группа исследователей под руководством Г. И. Абелева (Всесоюзный онкологический центр АМН СССР) предложила простой метод выявления специфичности моноклональных антител, который не требует наличия чистого антигена. Анализируется осадок, образуемый в агаровом геле антигеном и обычными (поликлональными) антителами к нему в присутствии исследуемых моноклональных антител. Если моноклональные антитела захватываются таким осадком, то, очевидно, они имеют специфическую способность реагировать с данным антигеном.

Новый метод имеет очень высокую чувствительность, сравнимую с чувствительностью твердофазного иммуноферментного метода, однако отличается простотой и не требует какого-либо специального оборудования.

Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, 1985, т. 99, № 4, с. 492—494.

Иммунология

Активация Т-лимфоцитов

Группе исследователей из биологического института имени Макса Планка в Тюбингене (ФРГ) под руководством известного иммунолога Я. Кляйна (J. Klein) удалось сконструировать липосомы (частицы из синтетических липидов), в которые был включен какой-либо антиген, а также белки главного комплекса гистосовместимости (ГКГ). Эти липосомы способны специфически активировать Т-лимфоциты.

До настоящего времени изучение активации Т-лимфоцитов, важнейшего этапа иммунного ответа, было затруднено невозможностью вызвать этот процесс без клеток, на поверхности которых находится комп-

лекс антигена с белками ГКГ¹. Липосомальная активация Т-лимфоцитов позволяет обойти эту трудность. Для этого процесса не нужна какая-либо предварительная обработка антигена (например, его фрагментация). Предполагается, что разработанная группой Я. Кляйна модель позволит вскоре детально изучить процессы, происходящие вслед за контактом Т-лимфоцитов с комплексом антиген-белок ГКГ.

Nature, 1985, v. 315, № 6017, p. 331—333 (Великобритания).

Биофизика

Молекулярный механизм действия пчелиного яда

Предполагается, что высокая биологическая активность пчелиного яда обусловлена в основном присутствием в нем полипептида мелиттина, способного разрушать мембраны. Мелиттин действует как на биологические, так и на искусственные мембраны непосредственно, не меняя химической природы фосфолипидов, причем значительно сильнее, чем обычные синтетические поверхностно-активные вещества.

О. С. Ксенжек и В. С. Гевод (Днепропетровский химико-технологический институт) изучили механизм действия мелиттина на монослой фосфолипидов, служащие моделью биомембраны, а также поверхностную активность этого вещества на границе фаз вода—воздух. Вероятный механизм действия мелиттина представляется следующим. Белок адсорбируется на поверхности мембраны в виде одиночных молекул—мономеров. В этом состоянии его концевые ионизированные аминокислотные остатки взаимодействуют с полярными группами фосфолипидов, а центральная часть погружается внутрь гидро-

фобной области мембраны. Заряды, обусловленные аминокислотами, обеспечивают ориентацию мелиттина поперек мембраны при увеличении его поверхностной концентрации. На этой стадии концевые участки мелиттина располагаются по разные стороны мембраны. С дальнейшим увеличением концентрации белка происходит образование комплексов из четырех молекул — тетрамеров, выполняющих функцию ионно-проводящих каналов. В результате мембрана теряет заряд, а внутри каналов происходит фиксация свободных зарядов (анионов) из раствора. Электростатическое взаимодействие между зарядами в соседних тетрамерах и приводит к разрушению мембран.

Биологические мембраны, 1985, т. 2, № 4, с. 395—404.

Биотехнология

Синтез фактора свертываемости с помощью рекомбинантной ДНК

Больные гемофилией В страдают кровотечениями, обусловленными недостаточным содержанием в крови фактора свертываемости IX. Введение им фракций, выделенных из крови здоровых лиц, предотвращает кровотечение. Однако при этом есть определенный риск заражения болезнетворными вирусами (например, гепатита или приобретенной иммунной недостаточности). Исследователи из Оксфордского университета Д. Ансон, Д. Остин и Дж. Броунли (D. S. Anson, D. E. G. Austen, G. G. Brownlee) попытались найти способ синтеза этого фактора, вводя участки ДНК с генами факторов в клетки мышинной гепатомы.

Фактор свертываемости IX, белок из 415 аминокислотных остатков, образуется в норме клетками печени и подвергается перед попаданием в кровь ряду модификаций. Встраивание в геном гепатомы гена фактора IX приводит к синтезу небольшого количества белка, обладающего

свойствами фактора. Хотя этого и недостаточно для производства препарата, сам факт образования полноценной белковой молекулы фактора в культуре ткани говорит о возможности так усовершенствовать метод, что он станет экономически оправданным.

Nature, 1985, v. 315, № 6019, p. 683—685 (Великобритания).

Биохимия

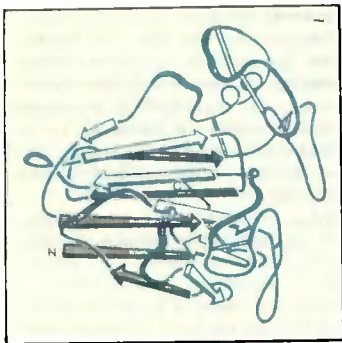
Структура самых сладких веществ

Сладким вкусом обладают самые разнообразные соединения: моно- и дисахариды (например, сахара, основной компонент обычного сахара), некоторые аминокислоты, производные дипептидов, глицирин, цикламаты, сахарин и др. Недавно из плодов растения *Thaumatococcus daniellii* (семейство Marantaceae), произрастающего в Западной Африке, выделены два близких по структуре белка — тауматин-I и тауматин-II, оказавшиеся для человека самыми сладкими из известных соединений: они значительно слаще, чем обычный сахар¹. По этому свойству к тауматинам приближается лишь монеллин — белок, близкий им иммунологически, но отличающийся строением.

А. М. де Вос (A. M. de Vos) с сотрудниками из отдела химии Калифорнийского университета (Беркли, США) получили кристаллы тауматина-I и исследовали его простейшую структуру методом рентгеноструктурного анализа. Молекулярная масса белка равна 22 000 Д, в его состав входит 207 аминокислотных остатков. В молекуле есть 8 дисульфидных связей. Полученные кристаллы обладают способностью образовывать стабильные производные с платиной, золотом, палладием и ртутью, что дало исследователям возможность

¹ См.: Специфическое взаимодействие между В- и Т-лимфоцитами. — Природа, 1985, № 12, с. 107.

¹ См.: Клонированы гены сладкого белка. — Природа, 1983, № 3, с. 108.



Пространственная структура молекулы тауматина-I. Стрелками обозначены 11 цепей, из одной из которых не параллельна соседней, за исключением N- и C-концевых цепей. Темные участки — фрагменты, гомологичные у тауматина-I и монеллина, двойные линии — дисульфидные связи.

провести рентгеноструктурный анализ с разрешением 1,6 Å. В результате была построена пространственная модель молекулы тауматина-I (см. рис.). Молекула содержит протяженные β-изомерные слои и ленты и небольшого размера петли, стабилизированные дисульфидными связями. Тауматин-II имеет очень схожую пространственную структуру. Гомология строения тауматина-I и монеллина распространяется лишь на 5 трипептидов, расположенных в положении 94—96, 100—102, 101—103, 118—120 и 128—130. Все эти трипептиды расположены на поверхности белковой молекулы. Видимо, именно они взаимодействуют с рецепторами, расположенными на языке и ответственными за распознавание сладкого вкуса.

Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 1985, v. 82, p. 1406—1409 (США).

Биохимия

«Веселящий газ» влияет на опиоидные пептиды мозга

Исследователи из нескольких научных центров США Р. Куок (R. M. Quock), Ф. Кучич

(F. J. Kouchich) и Лян Фуцен (Liang-Fu-Tseng) получили данные о прямом воздействии закиси азота («веселящего газа») на опиоидную систему мозга, через которую, по-видимому, и реализуется его обезболивающее действие. Вдыхание паров закиси азота даже в низкой концентрации притупляет болевую чувствительность, снимает эмоциональное напряжение и порой вызывает ощущение эйфории. Именно поэтому «веселящий газ» широко используется (чаще всего в виде смеси закиси азота с кислородом) в хирургии. Предполагается, что анальгетический эффект реализуется посредством «болеутоляющей системы» организма — опиоидных пептидов мозга (метэнкефалина, лейэнкефалина и β-эндорфина) и соответствующих им рецепторов. Косвенно в пользу такой точки зрения свидетельствуют данные о снятии анальгетического эффекта «веселящего газа» налоксоном — антагонистом опиатных рецепторов.

Авторам удалось проследить за изменением содержания опиоидных пептидов в мозге под действием закиси азота. Под колпак из оргстекла, которым была накрыта крыса, накачивали смесь из 75 % закиси азота и 25 % кислорода в течение 1 часа. В спинномозговой жидкости крысы было обнаружено двукратное повышение уровня метэнкефалина. Концентрация лейэнкефалина и β-эндорфина при этом не изменилась.

Pharmacology, 1985, v. 30, № 2, p. 95—99 (США).

Иммунология

Изучение механизма метастазирования

Злокачественные клетки в большей или меньшей степени отличаются от нормальных сво-

ими поверхностными белками. За уничтожение клеток с чужеродными белками (антигенами) ответственны особые лимфоциты, так называемые Т-киллеры. Сначала они должны обнаружить антиген. Для этого необходимо, чтобы последний находился на поверхности клетки в тесной связи с белками главного комплекса гистосовместимости (ГКГ), которые содержатся почти во всех клетках организма. При столь важной роли белков ГКГ в иммунном распознавании закономерен вопрос, не связана ли скорость метастазирования опухолевых клеток с каким-либо дефектом белков ГКГ, позволяющим клеткам избежать контроля со стороны Т-киллеров.

Г. Хаммерлинг, М. Фельдман и другие (G. J. Hämmerling, M. Feldman; Гейдельбергский раковый центр, ФРГ) для получения ответа на этот вопрос изучали метастазирование фибросаркомы мышей, клетки которых не имели белков ГКГ класса I и в то же время обладали способностью метастазировать. Если в геном этих клеток вводили гены отсутствующих белков ГКГ, процесс образования метастазов резко замедлялся. Очень важно, что такого эффекта не наблюдалось у мышей, иммунные функции которых были подавлены рентгеновским облучением. Очевидно, что описываемый эффект имеет иммунологическую природу.

Nature, 1985, v. 315, № 6017, p. 301—305 (Великобритания).

Медицина

Новый индуктор интерферона

Сотрудники Софийского института заразных и паразитарных болезней Медицинской Академии Наук (Болгария) под руководством К. Кузмова обнаружили способность к индукции интерферона у дипиридамола, препарата, широко применяющегося в клинике для лечения

¹ Об опиоидных пептидах мозга см.: Иванов В. Т., Каменский А. А. Нейропептиды — регуляторы поведения. — Природа, 1983, № 4, с. 7.

коронарной недостаточности. Объектом исследования стал также пиридазол, относящийся вместе с дипиридазолом к пиримидо-(5,4-d)-пиримидиновым производным.

После введения пиридамола мышам через рот в организме животных был зафиксирован высокий уровень содержания интерферона, который постепенно снижался в течение 7 дней. Однократное введение дипиридамола приводило к выраженной противовирусной защите при заражении мышей вирусами гриппа А и В, а также вирусом простого герпеса. Способность индуцировать интерферон была испытана затем и на взрослых здоровых добровольцах. Однократный прием дипиридамола вызывал выработку интерферона спустя 24—48 часов после приема у 90 % испытуемых.

После этого пиримидо-(5,4-d)-пиримидиновые производные испытывались в большом эпидемиологическом эксперименте в период эпидемии гриппа. Лекарство получали сотни дошкольников (возраст 4—6 лет), школьников (возраст 10—15 лет) и взрослых. Все испытуемые получали лекарство в таблетках 1 раз в 8 дней. Контрольные группы взрослых и детей получали таблетки из чистого наполнителя (плацебо). Отмечено эффективное действие лекарства, особенно среди взрослых. Авторы рекомендуют лекарства этой группы препаратов в качестве индукторов интерферона для профилактики гриппа.

Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии, 1985, № 6, с. 26—30.

Микробиология

Изучение возбудителя проказы

Гены пяти основных белковых антигенов лепрозной микобактерии клонированы в культуре кишечной палочки. Работа выполнена Р. Янгом (R. J. Young), Б. Блумом (B. R. Bloom) и другими биологами из нескольких

научных учреждений США. Лепрозная микобактерия, вызывающая заболевание проказой, была открыта более 100 лет назад, однако ее изучение затруднено невозможностью культивации микобактерий на питательных средах вне организма. Размножение возбудителя проказы можно осуществить лишь в организме такого экзотического животного, как броненосец.

Синтезированные кишечной палочкой белки были способны реагировать со всеми 13 моноклональными антителами, полученными с использованием очищенной бактерии, выделенной из организма броненосцев. Получение антигенов лепрозной микобактерии в достаточных количествах позволяет проводить раннюю диагностику проказы. Вероятно, удастся разработать достаточно простую кожную пробу для характеристики иммунологического состояния организма и оценки вакцин. Значение этой работы также и в том, что аналогичный подход может быть применен для получения антигенов других паразитарных организмов (лейшманий, шистосом, плазмодиев).

Nature, 1985, v. 316, № 6027, p. 450—452 (Великобритания).



Экология

Тяжелые металлы в грудном молоке

Тяжелые металлы поступают в организм человека в основном с пищевыми продуктами и водой, причем известно, что они способны накапливаться в тканях, в том числе и у маленьких детей, оказывая все возрастающее токсическое действие (свинец, например, замедляет развитие центральной нервной системы, кадмий вызывает анемию, ведет к поражению почек, половых органов). Содержание же тяжелых металлов в окружающей среде с развитием хозяйственной деятельности человека непрерывно возрастает¹.

Сотрудник клиники Гамбургского университета Р. Весоловский и врач-педиатр Главного госпиталя Золтау Г. Стерновски (R. Wessolowski, H. Sternowsky; ФРГ) предприняли попытку оценить интенсивность воздействия кадмия и свинца на организм новорожденных детей в период, когда они питаются еще исключительно молоком матери. В течение трех месяцев начиная со второго дня после родов определялась концентрация этих металлов в пробах грудного молока 10 женщин, проживающих в крупном промышленном центре (Гамбурге) и в сельской местности, где нет промышленных предприятий.

Концентрация кадмия в молозиве сельских жительниц составляла 23,2+11,2 мкг/л; она оставалась высокой и в молоке в течение двух первых недель после родов, в среднем составляла 13,5+2,5 мкг/л, а затем постепенно снижалась. У горожанок динамика изменения концентрации кадмия и его абсолютная величина в целом близки к обнаруженным у сельских жительниц, однако скорость снижения концентрации у горожанок несколько меньше. По мнению авторов, высокое содержание кадмия в молоке в первые дни после родов связано с интенсивным выведением металла, ранее накопившегося в организме женщин. Относительно свинца было выяснено, что его концентрация в молоке горожанок была выше, чем у сельских жительниц, и если у последних она со временем снижалась, то у горожанок, напротив, прогрессивно увеличивалась. В результате через 45 суток после родов в молоке жительниц Гамбурга содержание свинца становилось достоверно более высоким, чем у женщин из сельской местности.

Подсчитано, что ребенок массой 5,5 кг, выпивающий в сутки в среднем 840 мл молока, получал 0,9—1,3 мкг/кг свинца и 1,2—1,8 мкг/кг кадмия, если проживал в сельской местности; такой же ребенок в Гамбурге потреблял 1,5—2,3 мкг/кг свинца и 1,6—2,2 мкг/кг кадмия.

ву.— Природа, 1984, № 10, с. 115; Сколько в сигаретах кадмия.— Природа, 1984, № 6, с. 111.

¹ См. также: Интоксикация детей свинцом через поч-

Согласно рекомендациям ВОЗ, допустимо ежедневное поступление в организм ребенка 5 мкг/кг свинца. Для кадмия параметры токсичности и допустимый уровень воздействия на детей пока не определены, но для взрослых считается допустимой доза около 1 мкг/кг кадмия в сутки. Таким образом, согласно современным представлениям, поступление свинца с материнским молоком в указанных дозах не должно наносить вреда малышам; поступление же кадмия как в крупном городе, так и в сельской местности превышает даже норматив, разработанный для взрослых. Какими могут быть последствия столь интенсивной нагрузки кадмия на детей уже в первые дни их жизни, пока неизвестно. Эта проблема срочно изучается.

Archives of Toxicology, 1985, v. 57, № 1, p. 41—45 (Западный Берлин).



Экология

Сопротивляемость вредителей возрастает

Группа энтомологов и биохимиков, возглавляемая М. Довером (M. Dover; Институт мировых ресурсов, Вашингтон, США) и Б. Крофтом (B. Croft; Университет штата Орегон, США), изучив динамику эффективности воздействия пестицидов, гербицидов и инсектицидов, установила, что она имеет резко отрицательный характер. Так, за десятилетие (1971—1980 гг.) число видов разнообразных вредителей сельского хозяйства, обладающих полным иммунитетом по крайней мере к одному из пестицидов, возросло во всем мире с 224 до 428. За этот же период в 17 раз увеличилось число видов насекомых, устойчивых к такой широко распространенной группе химических средств борьбы, как карбаматы. Муха домашняя, некоторые из комаров, клещей, паразитирующих на рогатом скоте, червь табачный, вредящий

хлопковым плантациям в штате Техас, красный клещик яблоневый, распространенный на Северо-Западе США, стали переносить почти любой опробованный на них пестицид. В странах Азии известно 11 видов насекомых — вредителей рисовых посевов, устойчивых по меньшей мере к одной из групп химических соединений.

Более 150 видов болезнетворных грибов и микроорганизмов тоже обладают сопротивляемостью к химическим средствам воздействия (в 1960 г. таких видов насчитывалось лишь 20).

Так же обстоит дело и с гербицидами. Сейчас известно не менее 50 видов растений-сорняков, выработавших устойчивость к тому или иному гербициду.

Из 60 видов комаров, распространяющих на земном шаре малярию, 51 вид безболезненно переносит любой из трех считающихся наиболее эффективными инсектицидов (ДДТ, линдан и диэldrин), причем 14 из этих видов уже выработали устойчивость к новым инсектицидам. Этим и объясняется нынешний подъем заболеваемости малярией в некоторых странах.

Определенные надежды связывались с синтетическими пиретроидами — новым классом инсектицидов. Однако и к ним более часто применяемым теперь пиретроидам вырабатывается устойчивость: в 1976 г. им противостояли 6 видов насекомых, а в 1980 г. — по крайней мере 15. Между тем разработка одного нового вида инсектицида и доведение его производства до рыночного объема обходится в сумму от 20 до 45 млн долл., и уходит на это от 8 до 10 лет.

Ambio, 1985, v. XIV, № 1, p. 64—65 (Швеция).

Биология

Акселерация у птиц

Во многих отрядах птиц наблюдается асинхронное вылупление птенцов: из яиц одной

кладки они появляются на протяжении от нескольких часов до 4—5 суток. Поэтому в выводке всегда есть старшие и младшие птенцы; однако, несмотря на разницу в возрасте, вылет всех птенцов из гнезда происходит более или менее одновременно. Л. П. Дмитриева и С. Н. Хаютин (Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии АН СССР) изучали причину такого явления на трех видах воробьиных птиц — мухоловке-пеструшке, большой синице и горихвостке — и установили, что выравнивание происходит за счет своеобразной акселерации птенцов в гнездовой период.

Предварительно было изучено развитие птенцов в выводках с очень близким временем вылупления. В первые 5—6 суток глаза птенцов еще не открыты, и родители кормят их следующим образом. Один из родителей, залетая с кормом внутрь гнезда, издает пищевой сигнал. Голодные птенцы поднимают головы с раскрытыми клювами, и одному из них достается пища. Внутри гнезда взрослая птица всякий раз усаживается на определенном месте, поэтому существует только одна оптимальная зона, в которой птенцы с наибольшей вероятностью могут получить корм. Птенцы более или менее равномерно перемещаются в гнезде по кругу, так что каждый из них получает одинаковое количество пищи (у мухоловки-пеструшки, например, каждый птенец попадает в оптимальную зону примерно через 40 мин.). На 9-й день жизни родители начинают кормить птенцов из летка. Теперь получить пищу можно в наиболее освещенной зоне под летком, поэтому птенцы начинают перемещаться целенаправленно: при голоде — к освещенной зоне, при насыщении — к затемненной. С этого дня голодные птенцы при появлении взрослой птицы активно нападают на

¹ Дмитриева Л. П., Хаютин С. Н. Организация взаимоотношений в выводках незрелорождающихся птиц. — В сб.: Системные принципы и эволюционные подходы в изучении популяций. Пушино, 1984, с. 159.

родительский клюв, стараясь выдернуть пищу.

Зная такое поведение, исследователи сформировали выкладки, в которых разница в возрасте птенцов составляла 3,5—4 суток. В первые дни их совместного существования большая часть кормлений приходилась на долю старших птенцов, перемещавшихся по кругу в оптимальной для получения пищи зоне, а младшие птенцы фактически были вытеснены в субоптимальную зону, где они, перемещаясь друг относительно друга, получали корм значительно реже, чем хотели бы. При такой пониженной норме питания двигательная активность младших птенцов была повышенной. И если у старших глаза открылись на 6-е сутки, то у младших — уже через 3 дня после вылупления. Старшие птенцы с 9-го дня жизни стали активно требовать пищу. С этого дня родители стали кормить птенцов из лотка. Младшие птенцы тоже могли получить пищу только от родителей, находящихся на лотке, и научились это делать через сутки после старших птенцов. Теперь птицы обеих возрастных групп некоторое время получали одинаковое количество пищи; в дальнейшем же привыкшие к более энергичным действиям младшие птенцы отбирали корм даже быстрее, чем старшие. На 14-е сутки, к моменту вылета из гнезда, все птенцы весили одинаково.

А. А. Суворов

Москва

Биология

Родина врановых — Австралия

Широко известно, что эволюция фауны Австралии тесно связана с геологической историей континента: будучи в свое время частью древнего материка Гондваны, Австралия уже десятки миллионов лет существует как огромный остров. Сумчатые млекопитающие Австралии миллионы лет эволюционировали изолированно от пла-

центарных. Но интересно, что, за немногими исключениями (коала и кенгуру), эволюция привела их к формам, экологически и внешне аналогичным многим северным плацентарным животным. Не случайно в названиях австралийских зверей к определению «сумчатый» часто прибавляются слова «мышь», «волк», «крот» и т. п.

В то же время птицы из отряда воробьиных в Австралии включают несколько групп, настолько сходных с хорошо известными воробьиными других континентов, что не только по названиям, но и по родственным связям они считались близкими. Например, австралийские славки (*Acanthizini*) принимались за родственников настоящих славков (*Sylviidae*) Старого Света; австралийские кустарниковые дрозды (*Drymodes*) сходны с дроздами Старого Света даже по деталям пропорций костей конечностей и клюва; австралийского поползня (*Daphoenositta*) помещали среди настоящих поползней. Этот перечень можно было бы долго продолжать. Особенно много примеров сходства среди мухоловок, дроздов и тому подобных птиц. При существовавших представлениях о родственных связях этих птиц приходилось допускать несколько переселений воробьиных в Австралию. Но почему тогда столь различна история птиц и млекопитающих этого континента?

Известный американский орнитолог Ч. Сибли и его коллега Дж. Олхвист (*Ch. Sibley, J. Ahlquist*; Йельский университет, США) методом гибридизации ДНК установили, что всех певчих воробьиных можно разделить на две большие группы, разошедшиеся 58—60 млн лет назад¹. Одна — мухоловковые (*Muscicapae*) — включает дроздов, ласточек, скворцов, настоящих славков, жаворонков, ткачиков и вьюрков. Другая — врановые (*Corvi*) — включает австралийских птиц-лир, шалашников, веерохвосток, дрогго, райских птиц Новой Гвинее, а также ворон, соек, сорок, иволг, соро-

копутов и виронов. Ч. Сибли считает, что Австралия была родиной врановых и отсюда они расселились по всему свету 20—30 млн лет назад. Ну а как же с австралийскими «славками» и «мухоловками»? Новизна и сенсационность открытия Ч. Сибли состоит в том, что все эти австралийские «крапивники», «славки», «дрозды», «мухоловки» и «поползни» являются, по его мнению, родственниками врановых и относятся к этой группе. В условиях изоляции в Австралии они, как и млекопитающие, дали экологических и морфологических аналогов многим певчим воробьиным других континентов. Таким образом, в путях эволюции птиц и млекопитающих появились интересные сходные закономерности, а в филогении воробьиных, возможно, кое-что встало, наконец, на свои места.

Е. Н. Курочкин,

кандидат биологических наук

Москва

Зоология

Осьминоги способны размножаться неоднократно

Считается, что головоногие моллюски, за исключением «живых ископаемых» — наутилусов и обитающих в открытом море осьминогов-аргонавтов, размножаются только раз в жизни и гибнут после первого нереста. Самки осьминогов выметывают яйца в одну ночь, приклеивают их к потолку и стенам норы или склеивают в гроздь, которую носят на руках, и непрерывно охраняют и очищают («насиживают») яйца вплоть до вылупления потомства, а длительность развития яиц может достигать года. Все это время они ничего или почти ничего не едят: незадолго до нереста у них прекращается выработка пищеварительных ферментов. Вскоре после вылупления молоди крайне истощенная самка погибает, так и не возобновляя питания.

В литературе время от времени появляются сообщения

¹ Gould S. J. — Nat. History, 1985, v. 94, № 4, p. 12.



Самка малого (длина мантии 25 мм) тихоокеанского полосатого осьминога в угрожающей позе.

о возможности повторного нереста у головоногих, но до сих пор еще никто не видел самку осьминога, сумевшую «высидеть» две кладки. Недавно, однако, панамский зоолог А. Роданиче сообщил, что среди прибрежных осьминогов Панамского залива один, а может и три вида способны размножаться неоднократно¹.

Основные наблюдения велись над малым тихоокеанским полосатым осьминогом *Ostropus chierchiai*. Это один из самых мелких видов: туловище не крупнее ногтя большого пальца, длина мантии у самцов 18, у самок до 25 мм, половозрелость наступает у самок при длине мантии 8 мм. Живут они на прибрежных мелководьях до глубины 30—35 м. В аквариумах «норами» им служили пустые стеклянные бутылки, кормом — живые креветки и крабы. Самцы жили в аквариуме до 5, самки до 8 месяцев (вероятно, такова продолжительность их жизни и на воле). Из четырех бывших под наблю-

дением самок три размножались по 2—4 раза. Не все кладки оказались оплодотворенными (неоплодотворенные самка сначала «насиживала», затем поедала), но три самки вместе произвели 7 нормальных кладок, из которых вылупились молодые осьминоги. Яйца у этого вида относительно крупные — 3,8 мм в длину; плодовитость очень низка — от 8 до 35 яиц; продолжительность инкубации при 27 °C 37—44 суток.

Как и обычно у осьминогов, самки *O. chierchiai* охраняют яйца, но не прекращают при этом питаться; пищу перестают принимать с началом вылупления молоди, которое длится 4—7 дней, а возобновляют питание через 2—3 дня после того, как вылупился последний детеныш, и тут уж самка не останавливается перед тем, чтобы сожрать собственного детеныша, если он «повернется под руку». В природе этих 2—3 дней, вероятно, достаточно, чтобы осьминожки разползлись подальше от мамы. Уже через 20—35 суток после вылупления молоди самка может отложить новую порцию яиц. Семя самца длительное время хранится в семеприемниках самки, так что одного спаривания хватает на оплодотворение двух кладок. После вылупления молоди из последней кладки самка не возобновляет питания и вскоре погибает.

Повторную кладку А. Роданиче наблюдал еще у двух

(не идентифицированных) видов осьминогов из Панамского залива.

Итак, хотя все ранее изученные виды головоногих имеют однократное размножение, можно думать, что по крайней мере у тропических осьминогов многократное размножение является если и не правилом, то, во всяком случае, не такой уж редкостью.

К. Н. Несис,
кандидат биологических наук
Москва

Зоология

Как охлаждаются пчелы

Способность семьи пчел вентилировать и охлаждать улей известна. Очевидно, что и одиночная пчела, вылетающая за кормом, должна обладать аналогичной способностью, особенно в жарком климате: организм находящейся в полете пчелы при температуре среды выше 30 °C вырабатывает больше тепловой энергии, чем может отдавать в пространство. Тем не менее даже в знойной Сонорской пустыне, где проводили наблюдения американские энтомологи П. Купер, У. Шаффер и С. Бухман (P. Cooper, W. Schaffer, S. Buchman; Университет штата Аризона, США), активность пчел была достаточно высока и они не обнаруживали никаких признаков перегрева организма.

Перехватывая пчел, возвращающихся в улей с добычей, исследователи установили, что у них на хоботке висят капельки жидкости, которая, испаряясь, уносит лишнее тепло. Процент пчел, несущих в полете свисающую с хоботка каплю, возрастает с увеличением температуры воздуха. Однако подобный механизм охлаждения доступен только тем пчелам, которые несут в улей нектар или воду. Те же, что доставляют пыльцу, просто прекращают работу, когда жара превосходит известный уровень.

Как ни мал на первый взгляд эффект испарения, его

¹ Rodaniche A. F. — Bull. Mar. Sci., 1984, v. 35, № 1, p. 99.

оказывается достаточно для сохранения температуры тела пчелы в безопасных для нее пределах. Энтомологи подсчитали, что 3—4 мг влаги хватает, чтобы дать пчеле возможность пролететь лишние две минуты без угрозы «теплого удара».

The Journal of Experimental Biology, 1985, v. 114, p. 1 (Великобритания).

Биология

Фотосинтез при очень малой освещенности

До недавнего времени считалось, что фотосинтез у морских водорослей не может происходить, если в толщу воды проникает менее 1 % солнечной радиации. Однако группа американских исследователей под руководством М. Литтлера (M. Littler; Смитсоновский институт, Вашингтон, США) открыли фотосинтезирующие красные водоросли, успешно развивающиеся на глубине 268 м, куда проникает всего 0,0005 % солнечной радиации.

Эти водоросли произрастают в очень прозрачных водах у побережья Багамских о-вов. Они образуют покровы на каменных плитках, расположенных на глубине от 70 до 268 м. В этом интервале глубин красные водоросли являются единственным фотосинтезирующим видом; выше 70-метровой глубины они эффективно используют солнечную энергию наряду с другими видами водорослей.

Чтобы при слабой освещенности поглотить максимальное количество солнечной энергии, клетки красных водорослей выстраиваются в параллельные вертикальные ряды, ориентированные на солнце в зените. Такие колонны поддерживаются известковыми перегородками, перпендикулярными к поверхности дна.

Существование этих водорослей, объединяющихся в своеобразные структуры, говорит о совершенно новых возможностях жизни при сверхмалых количествах света.

Science, 1985, v. 227, p. 57 (США).

Ботаника

Скорость эволюции растений

Филогенетические взаимоотношения многих групп растений трудно поддаются анализу классическими методами. Неопределенность палеоботанических данных, широкое распространение конвергенций, параллелизма и различной скорости эволюции разных признаков затрудняют выяснение филогенетических связей у растений. Далеко отстоящие формы вообще трудно сравнимы. В такой ситуации большие надежды возлагаются на молекулярно-эволюционный подход, позволяющий оценивать родство организмов на основе сравнения структуры генов и генопродуктов (РНК и белков).

Особо значим для макротаксономических и макроэволюционных построений анализ высококонсервативных молекул, например рибосомных РНК, значительная эволюционная стабильность которых определяется неизменностью их функций в различных линиях эволюционного развития.

Недавно А. В. Троицкий, В. К. Боброва, А. Г. Пономарев и Ю. Ф. Мелеховец (Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова) изучили первичную структуру низкомолекулярной рибосомной 4,5S РНК у листовного мха (*Mnium rugicum*) и печеночника (*Marchantis polymorpha*) и сравнили ее с известными структурами 4,5S рРНК других растений.

Как известно, мохообразные — особая линия эволюции высших растений, гаметофитная. Разделение гаметофитной и спорофитной линий произошло в верхнем силуре — нижнем девоне (более 400 млн лет назад). Два класса мохообразных — печеночники и листовные мхи — относятся к весьма древним; их обособление произошло, видимо, вскоре после возникновения гаметофитной линии развития наземных растений. Покрытосеменные растения появились значительно поз-

же — на границе юрского и мелового периодов (примерно 140 млн лет назад).

Как было установлено авторами, 4,5S рРНК у печеночника и листовного мха различаются на 4 %, а у однодольных и двудольных растений — на 12—13 %. Таким образом, средние темпы накопления нуклеотидных замен в генах 4,5S рРНК у мохообразных на порядок ниже, чем у покрытосеменных растений (примерно $1 \cdot 10^{-8}$ и $1 \cdot 10^{-7}$ замен на молекулу в год, соответственно).

Доклады АН СССР, 1985, т. 281, № 1, с. 193—195; FEBS Letters, 1984, v. 176, № 1, p. 105—109 (Нидерланды).

Геология

«Эффект Батурина» в морской геологии

10 мая 1984 г. в Государственный реестр открытий СССР внесено открытие, сделанное группой советских исследователей в области современного морского рудообразования¹.

Фосфориты распространены в осадочных породах морского происхождения на всех континентах; во многих странах эти полезные ископаемые разрабатываются уже свыше 100 лет. Еще со времени кругосветной экспедиции «Челленджера» (1873—1876 гг.) известны и морские фосфориты. Однако вопрос о происхождении тех и других оставался дискуссионным. Открытие в 1968 г. современных (голоценовых) фосфоритов на шельфе Африки, а затем детальные исследования их состава и структуры, особенностей вмещающих их осадков, геологической и океанографической обстановки в зоне распространения этих полезных ископаемых в современных морях и океанах позволили авторам выявить пол-

¹ «Явление образования современных фосфоритов в зонах апвеллинга на шельфах океана». Авторы открытия: Г. Н. Батурина, П. Л. Безруков, А. В. Казаков, Диплом № 289.

ную картину рудного процесса в связи с основными условиями морской среды.

Установлено, что обогащение вод шельфа (зона фотосинтеза) фосфором происходит благодаря прибрежному апвеллингу — подъему к поверхности водных масс с горизонта 100—200 м. Это явление связано с общей системой циркуляции вод в Мировом океане и носит глобальный характер. Интенсивное поступление фосфора определяет высокую биологическую продуктивность зон апвеллинга и, как следствие, значительную скорость накопления биогенных осадков. Благодаря дальнему преобразованию в осадках органического вещества фосфор высвобождается, переходит в минеральную растворенную форму, а затем осаждается в виде фосфатных гелей. По мере старения гели теряют воду, уплотняются и превращаются в зерна и желваки (образованы, хорошо известные в фосфоритовых месторождениях суши). Под воздействием гидродинамических причин — перемыва осадков волнами и течениями — происходит концентрация фосфатных зерен и желваков в скоплениях.

Таким образом, образование фосфоритов связано с комплексом взаимодействующих факторов: гидрофизических, гидрологических, био- и геохимических. И, следовательно, современный океан, как и океан прошлого, тоже является рудогенерирующим.

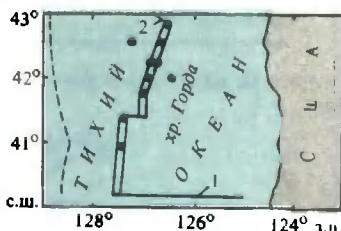
Учитывая исключительный вклад одного из авторов, открытию официально присвоено название «эффект Батурина».

Океанология, 1985, т. XXV, вып. 4, с. 705—706.

Океанология

Полиметаллические руды в Тихом океане

В мае 1985 г. научно-исследовательское судно «Сервейер», принадлежащее Национальному управлению США по изучению океана и атмосферы, исследовало гидротермальную деятельность в районе подводного хр. Горда. Этот участок



Район работ «Сервейера»: 1 — разлом Мендосино, 2 — разлом Бланке; штриховой линией обозначена граница зоны исключительных экономических интересов США, точками — пункты, где велись исследования.

системы срединно-океанических хребтов лежит в пределах зоны исключительных экономических интересов США.

Хр. Горда исследован относительно слабо¹. Он характеризуется малой скоростью расширения дна (1,1 см/год в южной части и 2,2 см/год — в северной). Поэтому считалось, что гидротермальная активность, приводящая к накоплению сульфидных залежей, там низка. На основе батиметрической съемки, сейсмических работ, драгирования дна, выполненных ранее Геологической службой США, были выбраны для исследования 8 участков дна, расположенных в пределах рифтовой зоны хребта, а 2 — за его пределами. Пробы придонной воды анализировались на борту судна на элементы — индикаторы гидротермальной активности (марганец, метан, радон-222, железо), изучались и осадки дна. В местах, где имелись химические признаки выхода гидротерм, придонная среда исследовалась с помощью датчиков, измерявших прозрачность, температуру и проводимость.

Выяснено, что в пределах хр. Горда гидротермальная деятельность существует, однако выражена не столь отчетливо, как на быстро расширяющихся хребтах (например, на Восточно-Тихоокеанском). По направ-

лению с юга на север (т. е. в соответствии с ростом скорости спрединга) выходы гидротерм фиксируются все более четко. Этот результат, с одной стороны, представляет интерес как явление локальное (в пределах хр. Горда идет процесс накопления полиметаллических руд), с другой стороны, на этом примере выясняется, что медленно расширяющиеся хребты (а они составляют половину всей системы срединно-океанических хребтов) также перспективны в плане поисков морских полезных ископаемых.

Eos (Transactions of the American Geophysical Union), 1985, v. 66, № 27, p. 523 (США).

Геофизика

Земная кора Северного моря

Группа английских геофизиков из Кембриджского университета, возглавляемая П. Бартоном и Р. Вуд (P. Barton, R. Wood), провела сейсмические исследования вдоль профиля, проходящего в Северном море от Великобритании до побережья Норвегии и пересекающего Центральный грабен. Сейсмические волны возбуждались взрывами зарядов (до 1 т каждый), отраженные волны регистрировались двенадцатью донными станциями. Глубина проникновения сейсмических волн достигала десятков километров.

Установлено, что в центральной части Северного моря земная кора почти вполниту тоньше обычной континентальной коры. Это хорошо объясняется моделью образования осадочных бассейнов, предложенной в 1978 г. Д. Маккензи. Согласно модели, крупные осадочные прогибы возникают там, где происходит резкое растяжение литосферы. На первом этапе растяжение сопровождается образованием разломов в хрупкой коре и пластичным подкоровым течением мантийного вещества, что вызывает медленное погружение (примерами могут служить крупные осадочные прогибы вдоль Атлантического побережья Северной Америки и

¹ См.: Глубоководные залежи полиметаллических руд. — Природа, 1985, № 2, с. 116.

Африки). В дальнейшем, если растяжение продолжается, происходит подъем астеносферного вещества к подошве земной коры, что приводит к ее расколу, растаскиванию и образованию новой коры океанического типа.

Сейсмические исследования, подтвердившие правильность этой модели, позволяют теперь использовать ее для вычисления скорости погружения участков коры, определения давлений и температур в конкретных осадочных слоях. А это чрезвычайно важно для решения вопроса о перспективности тех или иных районов с точки зрения их нефтегазосодержания, поскольку образование углеводородов из органических остатков в осадочных породах обусловлено сочетанием определенных физических параметров в соответствующих пластах. Результаты бурения, выполненного вдоль профилей в Северном море, подтвердили предсказанные моделью Маккензи скорости погружения участков земной коры; они указывают также на целесообразность проведения нефтеведческих работ в глубоководных частях Северного моря.

Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, 1985, v. 79, № 3, p. 987—1021 (Великобритания).

Геохимия

Летучие органические соединения в вулканических выбросах

Исследования химического состава вулканических газов представляют большой интерес для выяснения роли современного вулканизма в формировании общего химического состава земной атмосферы, а также для рассмотрения вопроса об эволюции атмосферы от прошлого к будущему. В. А. Исидоров и И. Г. Зенкевич (Ленинградский государственный университет им. А. А. Жданова) осенью 1983 г. отобрали и проанализировали серию проб воздуха, взятых в нескольких

сантиметрах от поверхности земли вблизи действующих вулканов о. Кунашир (Курильские о-ва). В пробах воздуха около вулкана Менделеева, в кальдере вулкана Головина и на вулкане Тятя идентифицировано 58 органических соединений, в том числе 11 предельных, 9 непредельных и 5 диеновых углеводородов, 8 ароматических углеводородов, включая бензол, 5 галогенуглеводородов, 6 альдегидов и др. Из перечисленных органических соединений только 7 были ранее обнаружены в газах, выделяемых из земных недр в районах вулканической активности.

В наибольших количествах в пробах воздуха присутствовал бензол. Это соединение относят к антропогенным загрязнителям, попадающим в атмосферу главным образом с парами и с отработанными газами автотранспорта. Авторы установили, однако, что концентрация бензола в пробах воздуха в десятки раз превышала его концентрацию в парах бензина и выхлопных газах, что позволило им сделать вывод о существовании природного источника бензола.

В атмосфере районов с вулканической активностью галогенуглеводороды представлены главным образом фторхлорметанами. Общепринято мнение об исключительно антропогенном происхождении этих соединений, выпускаемых промышленностью с начала 30-х годов для холодильных установок. В связи с предположением об участии фторхлорметанов в разрушении озонового слоя Земли постоянно ведется контроль за их содержанием в атмосфере. Авторы измерили концентрацию не только фторхлорметанов, но также хлороформа, четыреххлористого углерода и тетрахлорэтилена, обнаруженных в пробах воздуха вблизи вулканов о. Кунашир и над Охотским морем, и сравнили результаты с данными о содержании этих веществ в атмосфере близлежащих районов, а также в воздухе крупных городов тихоокеанского побережья Японии, США и др. Концентрация всех пяти галогенуглеводородов превосходит не только фоновые, но и типичные уровни их кон-

центрации в городском воздухе, что указывает на существование природного источника этих соединений.

Авторы предполагают, что фторхлоруглеводороды образуются в результате окислительного хлорирования входящего в состав вулканических газов метана и последующей замены атомов хлора на атомы фтора при взаимодействии хлоруглеводородов с фтористым водородом.

Доклады АН СССР, 1985, т. 280, № 1, с. 223—227.

Палеонтология

Древнейшая бабочка

Просматривая минералогическую коллекцию, приобретенную Британским музеем естественной истории у одного любителя, энтомолог П. Уолли (P. Whalley) случайно обнаружил на поверхности плитки мергеля отпечаток древней бабочки.

Возраст находки, как показало ее изучение, — 180 млн лет (начало юрского периода). Это на 40 млн лет больше возраста любого другого известного науке представителя отряда бабочек.

Окаменелое крылышко покрыто отчетливо различимыми чешуйками, в связи с чем П. Уолли намеревается дать бабочке название *Archaeolepis* (lepis — по-лат. «чешуя»).

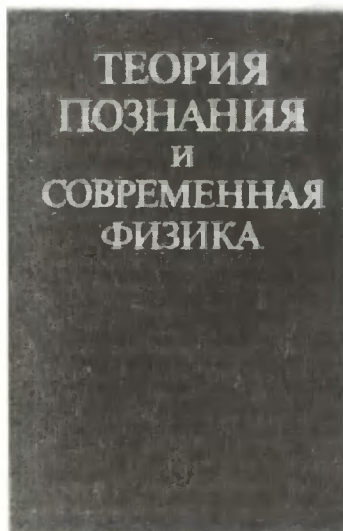
По своему морфологическому строению археолепис в некоторой степени сходен с более молодым ископаемым мотыльком (возраст около 140 млн лет, вторая половина юрского периода), хранящимся в Палеонтологическом институте АН СССР. Очевидно, это два родственные вида. Среди ныне живущих насекомых археолепис родственны так называемые первичные зубатые моли (*Micropterygidae*), еще лишенные настоящего хоботка и сохраняющие грызущие челюсти, не характерные для более высокоорганизованных бабочек.

New Scientist, 1985, v. 105, № 1440, p. 34 (Великобритания).



Физика и философия

И. Ю. Кобзарев,
доктор физико-математических наук
Москва



ТЕОРИЯ ПОЗНАНИЯ И СОВРЕМЕННАЯ ФИЗИКА. Отв. ред. Ю. В. Сачков. М.: Наука, 1984, 336 с.

Гипотетический наивный «человек с улицы», наверное, никогда не задумывается над вопросом, отличаются ли вещи сами по себе от того, что предстает нашим чувствам, или, говоря языком психологии, от того, что находится в поле нашего сознания.

Уже, однако, в античной философии вопрос был задан и ответ дан: не могут не отличаться; то, что кажется теплым здоровому человеку, покажется холодным человеку в горячке и т. д. Таким об-

разом, проблема отличия вещей от нашего их восприятия и проблема связи между вещами, восприятиями и логическими конструкциями, которые мы создаем на основе наших восприятий, были поставлены. Именно это тройственное отношение и является предметом теории познания.

Греческая атомистика Левкиппа и Демокрита дала на эти вопросы ответ на первый взгляд логичный: реально существуют атомы и пустота, все остальное, в том числе наши чувства, есть результат контактных взаимодействий между атомами. Здесь были слиты воедино и натурфилософия — атомная теория как исторически первая картина мира, и элементы теоретико-познавательной критики — различие между первичными качествами: форма и, может быть, вес (плотность), и вторичными: цвета, запахи и т. д., и, наконец, элементы теории ощущений — душа состоит из особо подвижных атомов, действие остальных типов атомов на нее и есть наши ощущения.

Легко теперь, через 2000 лет, теории греческих атомистов критиковать. Идея абсолютно твердых, неразрушимых атомов была всего лишь наивной экстраполяцией: легко разрушаемая вещь (допустим, яблоко) — трудно разрушаемая вещь (камень) — абсолютно неразрушаемая вещь (атом). Но ведь в действительности в основе этой идеализации лежал наблюдаемый факт — восстанавливаемость веществ в цепочке превращений типа: вода — пар — вода; и на самом деле эта восстанавливаемость возможна в силу относительной «твердости», неразрушаемости молекул воды.

Кроме того, греческая атомистика, как мы ее знаем по Лукрецию, использовала еще и аргумент постоянства форм живых существ — все львы похожи, — что противоречило

бы износу форм атомов, из которых сделаны львы. Этот аргумент совсем нетривиален и тоже правилен — в основе стабильности наследственности лежит стабильность молекул ДНК (оговорка, что эта стабильность чрезвычайно нестатична, видимо, излишня).

Зато теория ощущений греческой атомистики совсем наивна. В ней как бы совсем отсутствует элемент теоретико-познавательной критики: как из столкновения атомов может возникнуть то, что мы сейчас называем полем сознания — совокупность ощущений (зрительных, тактильных, слуховых и других), которые, скажем, автор рецензии сознательно воспринимает в данный момент, вода ручкой по листу бумаги, слыша звуки за окном, которые ему мешают или случайно помогают думать, и т. д. Ответ на вопрос, как возникают собственно ощущения и поле сознания, в греческой философии обсуждался школой Аристотеля, а потом стоиками и, кажется, не был четко сформулирован. Похоже, что стоическая школа придерживалась идеи, близкой к панпсихизму: материи в целом присуще что-то вроде души, а индивидуальные сознания — как бы узлы концентрации этой всюду разлитой души.

За 2000 лет мы бесконечно много узнали о природе материи, и эти знания заметно изменили соотношение между физикой и теорией познания, двумя детьми греческой натурфилософии. Замечу, что я употребляю здесь не очень, может быть, точно термин «натурфилософия», чтобы исключить из нашего рассмотрения социальные аспекты греческой философии: социологию, этику, эстетику.

Рецензируемая книга «Теория познания и современная физика» была написана большим интернациональным коллективом авторов — как физиков, так и философов —

и, надо думать, ответственному редактору и редколлегии пришлось немало потрудиться, чтобы возникло некоторое единое целое, а не собрание не связанных друг с другом статей. В основном они, как видно уже из названия, посвящены первому из перечисленных выше вопросов в том модифицированном виде, какой он принял примерно в начале нашего века: каково соотношение между получаемыми в эксперименте данными, внешним миром и нашими теориями. Вопрос о том, как этот внешний мир порождает наше сознание, в книге почти не затрагивается, и это тоже не случайно; в этом вопросе, по крайней мере в теоретико-познавательном его аспекте, мне кажется, мы мало продвинулись. Исключение составляет глава, написанная Д. И. Блохинцевым (1908—1979), где эта тема все же затронута. Таким образом, авторы сборника стремились осветить возможно более полным образом в основном проблемы теории познания в том и только том аспекте, в каком они связаны с современной физикой, что и отражено в названии сборника.

Идеи о характере связи между нашими восприятиями и внешним миром подверглись радикальной трансформации со времен античных атомистов. Атомы Демокрита все же были идеализацией двух непосредственно наблюдаемых качеств материи: формы и твердости. Картина мира, которая связана с ньютоновской моделью точечных масс и дальнего действия на расстоянии, была уже сложным компромиссом между идеализацией известных из наглядного опыта понятий массы и силы с таким «антиинтуитивным» математическим конструктом, как действующие на расстоянии силы.

Следующий этап был связан с переходом к электромагнитной картине мира. Ее создание потребовало перехода от ньютоновского пространства-времени, являющегося опять-таки идеализацией повседневного опыта, к четырехмерному пространству-времени Минковского.

Разбиение истории на периоды всегда в какой-то степе-

ни произвольно; тем не менее можно с большим основанием считать, что именно работы Эйнштейна по частной и в еще большей степени по общей теории относительности знаменовали скачок в области методологии теоретической физики. Говоря словами В. Паули, с работ Эйнштейна началась эпоха «общего критического подхода, в котором предпочтение отдается концептуальному анализу соответствия между экспериментальными данными и математическими величинами в формализме теории перед наивными наглядными представлениями»¹. Сегодня мы живем в расцвете этого периода, и сборник посвящен в основном анализу современной ситуации, возникшей после и в результате создания квантовой механики. Хотя по пути затронут и ряд других тем, как, например, проблема генезиса сознания в уже упоминавшейся главе 4, написанной Д. И. Блохинцевым, и сравнение науки и игровой деятельности в главе 5, написанной Н. И. Степановым (1941—1981).

Следует сказать, что в целом задача, которую ставили перед собой авторы и редакторы сборника, решена: ситуация освещена полным и широким образом. Книга состоит из четырех разделов: 1. Диалектика, познание, творчество (главы 1—5). 2. Структурные уровни и диалектика развития физического знания (главы 6—11). 3. Субъект-объектные отношения в современной физике (главы 12—17). 4. Гносеологические вопросы обоснования физического знания (главы 18—22).

В главе 1, написанной Ю. В. Сачковым, изложена краткая история смены физических картин мира и анализируются ее гносеологические аспекты. В этой главе содержится, в частности, остроумное наблюдение по поводу совершенно различного характера процессов проникновения в научное сообщество кинетической теории газов и электромагнитной теории. Как известно, победа кинетической теории

предшествовали ожесточенные споры и полемика, в то время как теорию Дж. Максвелла сначала почти не замечали, а затем, после опытов Г. Герца, как-то мгновенно приняли.

Ю. В. Сачков, как мне кажется, справедливо считает, что это различие связано с различием самих теорий. Основные идеи кинетической теории были просты, доступны и наглядны, в ее обсуждение (и, замечу, даже создание) могли вносить вклад даже дилетанты и уж во всяком случае любой образованный физик.

Теория же Максвелла излагалась на сложном для того времени языке векторного анализа (и даже совсем уж экзотических кватернионов), которые физиками того времени не изучались, и поэтому в большинстве своем они «первоначально просто избежали теории Максвелла» (с. 9). В целом глава дает довольно полную картину смены картин мира и возникавших и возникающих сейчас теоретико-познавательных проблем. В упрек автору можно поставить некоторую тяжесть языка.

Глава 2 (автор А. С. Кравец) посвящена обзорам состояния собственно методологических исследований: обсуждается, скажем, понятие исследовательской программы, предложенное И. Лакатосом, обсуждается, в какой степени она описывает реальные процессы развития физического знания и т. д.

В главе 3, написанной Г. Герцем (ГДР), речь идет о роли противоречий в развитии физики.

Глава 4 начинается с рассмотрения характера и природы научного творчества и заканчивается изложением догадок автора статьи Д. И. Блохинцева о характере будущей картины мира. Автор обсуждает в основном две идеи. Во-первых, что истинный мир имеет большее число измерений, чем $3+1$ измерение мира Минковского, и, во-вторых, что некоторые предпосылки сознания присущи материи уже на уровне элементарных частиц.

Первая идея, вероятно, показавшаяся бы многим еретической в год, когда, видимо,

¹ Паули В. Теория относительности. М., 1983, с. 11.

писалась статья, сейчас стала популярной и широко обсуждается в научной литературе; мне кажется, что второй проблеме тоже предстоит, по крайней мере в том же смысле, хорошее будущее; так как мне представляется ясным, что для того, чтобы ощущения вообще, и поле сознания в частности, существовали и порождались нашим мозгом, в природе материи должны содержаться качества, по своей сущности сходные с ощущениями. Часто упоминаемая как объяснение генезиса сознания аналогия между ЭВМ и мозгом, по моему мнению, не выдерживает простейшего философского анализа: ясно, что в ЭВМ каждый элемент «знает» только собственное состояние, и ничего похожего на поле сознания ни в какой ЭВМ никогда не возникало и не возникает.

С этой точки зрения мне представляется более обнадеживающей идея о том, что процессы мышления имеют квантовую природу, поскольку квантовым объектам присуща некоторая специфическая целостность, как будет обсуждаться ниже. Предположение, что сознание есть квантовый, а не классический эффект, уже многократно всплывало в литературе, и в частности тесно связанный с этой гипотезой вопрос обсуждался в нашем журнале².

Последняя, пятая, глава этого раздела «Наука и игра: сопоставление и аналогия» написана Н. И. Степановым и содержит обширный список сходств и различий этих двух форм деятельности. Отсылая за подробностями к рецензируемой книге, упомяну только, что, вопреки утверждению Н. И. Степанова, вопрос уже был предметом рассмотрения в нашей литературе. В статье Ю. М. Лотмана «Тезисы к проблеме «Искусство в ряду моделирующих систем»» как раз детально сравнивались три моделирующих системы: искусство, игра, наука. Статья Н. И. Степанова представляется мне,

однако, лучшим приближением к истине, так как основной вывод статьи Ю. М. Лотмана звучит так: «Игра выступает по сравнению с искусством как бессодержательная, наука — как бездейственная»³. Но наука, конечно, — весьма действенная система, и в рецензируемой здесь главе это показано с большой ясностью.

Раздел 2 книги «Структурные уровни и диалектика развития физического знания» (авторы Б. Я. Пахомов, У. А. Раджабов, Е. А. Мамчур, М. Д. Ахундов, А. Турсунов, В. И. Аршинов) также затрагивает широкий круг вопросов, но все же в основном главы этого раздела сосредоточены вокруг одной проблемы, которая сейчас широко обсуждается философами и учеными: каков механизм развития науки, каковы, если можно так сказать, законы ее внутренней динамики. Ученые часто склонны относиться к этой деятельности скептически, считая, что они сами лучше знают, как развивается наука. Но в действительности дело, по моему мнению, обстоит не так просто.

Конечно, вопрос этот, так сказать, метанаучный; конкретную работу можно делать и не думая о том, что, собственно, ты делаешь, но в случае, когда ситуация становится более нестандартной, метанаучный анализ может быть и важным. Не случайно многие науковедческие размышления принадлежат выдающимся ученым, работавшим в переломные этапы развития физики: А. Пуанкаре и А. Эйнштейну, Д. Гильберту и В. Паули, Ю. Вигнеру и Р. Фейнману и другим — перечисление легко продолжить, добавив в него и ученых других специальностей, например Ю. Либиха и Т. Гексли.

Современное науковедение часто отталкивает профессиональных физиков тем, что, на первый взгляд, речь идет об уже известных нам (физикам) вещах. Действительно, и это убедительно показано во втором разделе, уже по крайней мере с

начала века известно, что развитие науки не происходит чисто поступательно, или, как говорят ученые, кумулятивно: происходит революция, меняется картина мира. Так было всегда с тех пор, как существует наука, и нет причин думать, что этого больше не будет. Что касается рассмотрения этой проблематики во втором разделе, то оно достаточно полное, и единственное замечание, которое я хотел бы сделать, — это то, что авторы, может быть, чрезмерно защищают классическую терминологию ученых.

Для нас традиционным термин «картина мира». Американский ученый и историк физики Т. Кун выдвинул другой термин — «парадигма». Авторы раздела справедливо указывают, что этот термин близок по содержанию термину «картина мира», и предлагают оставаться при старом. Мне кажется, что дело не так просто, и не случайно, хотим мы этого или нет, слово «парадигма» широко вошло в язык как исследователей в области естественных наук, так и ученых. Во-первых, оно короче — это уже термин, что само по себе преимущество. Термин этот происходит от греческого слова «образец», пришел он в науковедение, наверное, из лингвистики или английской лингвистической философии. В лингвистике он употребляется как термин, характеризующий типы склонений или спряжений.

Термин «парадигма» удачно подчеркивает тот факт, замечаемый сейчас многими, что каждая картина мира — это прежде всего язык, система основных понятий. Так, картина мира, основанная на механике Ньютона, имеет в качестве основных слов термины: «сила», «масса», «точечная частица», «ускорение». На этом языке уже формулируются конкретные физические теории — небесная механика или гидродинамика жидкости с трением. Для языка квантовой теории поля основные слова — это «квантовое поле», «точечное взаимодействие». (В свою очередь, язык квантовой теории поля есть подязык языка квантовой механики.) О различии между языками и конкретными теориями, скажем,

² Фейгенберг И. В. Принцип дополнительности в описании психических явлений. — Природа, 1984, № 2, с. 94.

³ Уч. зап. Тартуского гос. ун-та, вып. 198. Труды по знаковым системам. Т. III. 1967, с. 130—136.

между квантовой электродинамикой и языком теории поля, помнить полезно.

Одним из недостатков первоначальных формулировок Т. Куна было утверждение, что каждая новая парадигма полностью уничтожает предыдущую. Авторы книги справедливо пишут, что это не так и что язык старой парадигмы обычно можно реконструировать в новый, хотя и как вторичный, имеющий ограниченную применимость. Это, несомненно, во многом верно, но имеются два «но», о которых тоже теперь уже нельзя забывать. Каждая парадигма наряду с феноменологическими элементами содержит гипотетические добавки; теплород конца XVIII в., эфир Френеля — Максвелла и орбиты Бора — Зоммерфельда исчезли безвозвратно. Менее тривиально то, что наука каждого периода склонна абсолютизировать свою парадигму, придавая ее основным понятиям, так сказать, онтологический статус, которого они действительно лишаются после соответствующей революции. Так, сила в механике Ньютона была «элементом реальности», а уже в классической теории поля это всего лишь интеграл от тензора натяжений по поверхности, которая разделяет две частицы, зависящий только от их координат и скоростей в приближении $v \ll c$ (где v — скорость тел, c — скорость света). Онтологизация парадигмы часто ведет к недоразумениям: отрицается существование явлений, которые в рамках парадигмы нельзя описать.

Наиболее неудачной у Куна была идея, согласно которой развитие науки можно резко разделить на нормальные периоды, когда решаются задачи в рамках фиксированной парадигмы, и революции, когда неизвестно каким волшебством возникает новая парадигма. В действительности решение задач в рамках установленных парадигм и теорий — важная часть науки, но даже и здесь часто приходится создавать новые языки. Так, решение задач небесной механики привело к созданию Лагранжева и Гамильтонова языка, которые хотя и пе-

реводимы на язык Ньютона, но все же отличны от него.

Еще более важно то, что наука всегда стремится расширить свои границы, и это приводит к тому, что парадигма выходит за пределы своей применимости. Так, Максвелл, написав свои уравнения, думал, что он занимается Лагранжевой механикой эфира. Это было возможно именно в силу принципа соответствия: уравнения Максвелла похожи на уравнения механики. Выяснение того, что электродинамика — это не механика, а теория, живущая в новой парадигме теории поля, потребовало создания теории относительности. Все это теперь кажется уже ясным. Для того чтобы подчеркнуть динамический характер развития науки, был предложен термин «исследовательская программа», и это обсуждается авторами книги, но мне кажется, что короткое слово «парадигма» все же удачнее.

Наконец, Куном был подчеркнут социальный аспект науки. Парадигма — это еще всегда и социокультурное явление: исследователи верят (или не верят), что, скажем, теория поля объяснит сильные взаимодействия, и это влияет на их поведение. Помнить об этом тоже неплохо.

Два последних раздела книги называются «Субъект-объектные отношения в современной физике» и «Гносеологические вопросы обоснования физического знания». Авторы этих разделов — А. М. Мостепаненко, С. В. Илларионов, В. С. Барашенков, Ю. Б. Молчанов, У. Рёзерберг (ГДР), М. И. Подгорецкий, С. Петров (НРБ), А. А. Печенин, И. А. Акчурин, Л. Б. Баженов, В. И. Кемкин, Л. А. Шелепин. По существу тема этих двух разделов одина: гносеологический статус хронологически последней из парадигм, которой располагает физика, — квантовой механики. Во избежание недоразумений напомним: язык квантовой теории поля есть подязык в языке квантовой механики; при переходе к квантовой теории поля происходит сужение класса систем, с которыми мы работаем (от произвольной системы векторов состояний и наблюдае-

мых к состояниям полей и локальных наблюдаемых). Вопросы, обсуждаемые в этих разделах, наиболее сложны из всего круга гносеологических проблем физики.

С чем это связано? В квантовой механике разрыв между языком событий, на котором мы описываем непосредственные данные опыта, и языком, на котором мы описываем состояния систем, становится более глубоким и напряженным, чем все, что знала физика до появления квантовой механики.

Не случайно в статьях физиков такого класса, как Р. Фейнман, М. Гелл-Манн, С. Хокинг, можно найти утверждение, что квантовая механика совершенно непонятна или «антиинтуитивна». Локализовать критический пункт не так легко, и мне кажется, что, хотя многие аспекты гносеологии квантовой механики в книге обсуждались, все же достичь этого в ней не удалось. Вместе с тем то, что, по моему мнению, является критической точкой, — парадокс ЭПР (Эйнштейна, Подольского, Розена) — в тексте упоминается неоднократно.

В книге справедливо отмечено, что, с точки зрения квантовой механики, парадокс ЭПР — вовсе не парадокс. Квантовая механика вообще непротиворечивая теория — об этом заботится математика, на языке которой формулируются ее постулаты. Для профессионалов: надо построить конструктивно оснащенное Гильбертово пространство и полный набор наблюдаемых, и все в порядке. Сейчас и в теориях поля есть модели, где, по-видимому, можно конструктивно построить пространство состояний.

Дело в том, однако, что парадокс ЭПР наглядно демонстрирует антиинтуитивность квантовой механики. Его суть проста: если система X состоит из подсистем $A+B$ и A и B взаимодействовали, то в квантовой механике понятие состояния относится к системе $A+B$ в целом, она неделима. Оказывается возможным, производя измерения только над B , узнать наблюдаемые, относящиеся к A , которые нельзя приписать одновременно подсистеме A «самой по себе». При этом подсистема B может

быть пространственно отделена от подсистемы А, так что о формировании этих наблюдаемых в процессе измерения не может быть и речи.

Невозможность предположить, что эти наблюдаемые были присущи подсистеме В до измерения, имеет четкое выражение — это нарушение так называемых неравенств Белла. Более подробно об этом предмете писали недавно в «Успехах физических наук» А. А. Гриб, а также Б. И. Спасский и А. В. Московский⁴. Ситуацию, возникшую в связи с анализом парадокса ЭПР и нарушением неравенств Белла, можно суммировать, перефразируя известное высказывание Эйнштейна: бог не просто играет в кости, они остаются не мечеными до момента падения. Это, конечно, совершенно противоречит всей нашей пространственной интуиции и всей картине пространственно-временного мира. По поводу этого высказывались разные соображения. Основатели Копенгагенской школы считали, что «состояние замкнутой системы на самом деле объективно, но не реально», не может быть описано на языке событий и что идея об «объективно реальных событиях» должна быть в этом отношении отвергнута... «Знание «действительности», с точки зрения квантовой теории, по своей природе всегда является неполным»⁵. (Из-за того, что события всегда регистрируются макророботами. Макроробот, по определению, взаимодействует с внешним миром, иначе им нельзя пользоваться; это взаимодействие вносит неконтролируемые случайные фазы.)

Были и другие предложения. Например, В. А. Фок ввел термины «несиловое взаимодействие», «относительность к средству наблюдения». Лично мне первый кажется неудачным, второй удачным, но не исчерпывающим ситуацию. Наконец, есть

простой выход, предлагавшийся многими. Его формулировку можно найти в прекрасной статье Р. Пайерлса «Построение физических моделей», который считает, что «в действительности волновая функция в квантовой механике не может рассматриваться в качестве величины, обладающей физической реальностью; она выражает состояние наших знаний о физической системе»⁶. В общем либо квантовая механика в каком-то смысле неполна, «не описывает объективной реальности», либо мир объективного совершенно противоречит нашей пространственно-временной интуиции. Конечно, ответ на проблемы, возникающие в рамках данной парадигмы, обычно дают только последующие парадигмы. Так, теория поля устранила «парадокс дальности» из небесной механики и т. д.; но теоретико-познавательный анализ иногда позволяет заглянуть за пределы, хотя пока никогда еще новые парадигмы не возникали в результате только теоретико-познавательного анализа.

Мне кажется, что в книге, посвященной теории познания и физике, проблема ЭПР и неравенств Белла заслуживали отдельной большой статьи, но в целом 3-й и 4-й разделы содержат много интересного. Не со всеми утверждениями авторов я могу согласиться. Так, мне осталась совершенно непонятной аргументация М. И. Подгорецкого, утверждающего, что теории прямых измерений не существует. По моему мнению, в рамках квантовой механики она вполне существует, но обсуждение этого требует особого разговора.

Если я правильно понял статью А. А. Печеникина, то он считает, что математическое обоснование квантовой механики Дж. фон Неймана предпочтительнее дираковского. Автор справедливо утверждает, что конструкция фон Неймана более реалистична; на опыте мы скорее имеем дело с волновыми пакетами фон Неймана, чем с плоскими волнами или точно ло-

кализированными состояниями дираковской конструкции. Однако хорошая идеализация оказывается практичнее громоздкого реализма, а математически основанное Гильбертово пространство, нужное для конструкции Дирака, столь же безупречно, как Гильбертово пространство, в котором решил остаться фон Нейман.

Есть много отдельных конкретных утверждений, с которыми мне трудно согласиться или которых мне не удалось понять, но я думаю, что это неизбежно для книги такого рода.

Недостатком, которого было легко избежать, является отсутствие и именного, и предметного указателей. Я думаю, что все перечисленное не помешает читателю, интересующемуся физикой и (или) теорией познания, прочесть книгу с пользой и интересом.

Лик Земли в позднем докембрии и палеозое

Н. А. Ясаманов,
доктор геолого-минералогических наук
Москва

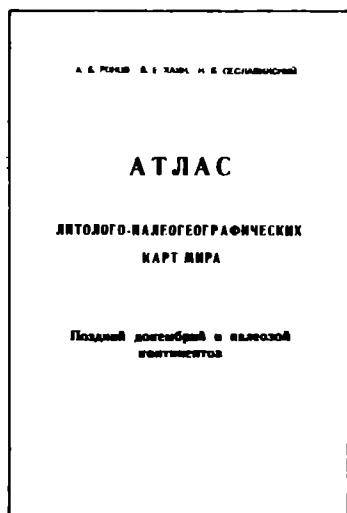
На стыке геологии и географии несколько десятилетий назад возникла новая наука — палеогеография. Исследования геологических объектов различными методами дают возможность реконструировать физико-географические обстановки далекого геологического прошлого. Благодаря применению комплексных методов удается восстановить климат, рельеф, почвенный и растительный покров, береговые линии, соленость и глубины морских бассейнов различных геологических периодов, отдаленных от сегодняшнего дня на сотни миллионов и даже миллиарды лет.

В последние годы палеогеография приобрела четко выраженное прикладное значение. Благодаря палеогеографическим реконструкциям устанавливаются условия формирования многих гипергенных полезных

⁴ Гриб А. А. — Усп. физ. наук, 1984, т. 142, вып. 4, с. 619; Спасский Б. И., Московский А. В. — Там же, с. 599.

⁵ См. сб.: Нильс Бор и развитие физики. Под ред. В. Паули. М., 1958, с. 42—43.

⁶ Пайерлс Р. — Усп. физ. наук, 1983, т. 140, с. 332.



А. Б. Ронов, В. Е. Хани, К. Б. Сеславинский. АТЛАС ЛИТОЛОГО-ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ МИРА. ПОЗДНИЙ ДОКЕМБРИЙ И ПАЛЕОЗОЙ КОНТИНЕНТОВ. Отв. ред. В. Л. Барсуков, Н. П. Лаверов. Картографы-составители Г. Н. Каленова, Т. Н. Гельви. Л., 1984, 70 с.

ископаемых, т. е. тех, которые образовались в результате сложных геологических процессов, протекающих при взаимодействии атмосферы, гидросферы, биосферы и верхней части земной коры.

И не только это. Решается и обратная задача. Зная условия формирования гипергенных полезных ископаемых и обнаруживая аналогичные условия в геологическом прошлом, удается определить и наметить территории, перспективные в отношении этих полезных ископаемых. Обычно прогнозы такого рода многократно проверяются геологическими методами. И все они достаточно надежны и хорошо подтверждают находками прогнозируемого минерального сырья.

В связи с этим понятно, как велико теоретическое и практическое значение палеогеографических карт. Такие карты помогают решать не только уже упомянутые, но и глобальные проблемы геологии и географии, например прослеживать некоторые закономерности

становления и развития органического мира, эволюции земной коры, формирования континентов и океанов и т. п.

Советские геологи уже длительное время находятся на передовых позициях палеогеографической науки. В 50-е годы А. Б. Роновым и В. Е. Ханиным были начаты работы по разработке методики и составлению палеогеографических карт различного масштаба. На том этапе работы завершились созданием «Атласа литолого-палеогеографических карт Русской платформы и ее геосинклинального обрамления», включавшего красочные и достаточно детальные карты для периода от 570 млн лет тому назад до современной эпохи. До той поры карт с таким охватом территории и геохронологическим интервалом нигде еще не существовало. Это был первый опыт, первое уникальное издание, отражавшее высокий уровень геологии и палеогеографии в Советском Союзе.

К пятидесятилетию Великой Октябрьской социалистической революции большим коллективом геологов под руководством А. П. Виноградова, А. Б. Рнова, В. Е. Ханина и др. был составлен уникальный палеогеографический атлас Советского Союза с серией специальных карт полезных ископаемых. Карты этого атласа охватили интервал времени в 1,5 млрд лет.

В 1984 г., накануне XXVII Международного геологического конгресса, был выпущен в свет «Атлас литолого-палеогеографических карт мира. Поздний докембрий и палеозой континентов». Авторы этого издания — А. Б. Ронов, В. Е. Ханин, К. Б. Сеславинский. При его подготовке были использованы все ранее опубликованные национальные и региональные атласы, результаты обзорных и детальных геологических работ по отдельным странам и территориям.

Атлас состоит из 18 многокрасочных карт континентов в масштабе 1:60 000 000 и охватывает огромный период, отстоящий от нас на 1650—230 млн лет. Эти карты несут в себе информацию о составе и мощностях осадочных, вулканогенно-осадочных и вулканогенных

толщ, о физико-географических условиях и общем тектоническом режиме формирования осадочного чехла континентов. Физико-географические условия геологического прошлого отражены традиционной цветовой гаммой, а литологический состав отложенный — штриховыми знаками. Реконструированы области распространения литологических комплексов (формаций) для территорий платформ, геосинклиналей и областей с орогенным режимом в рамках современных материков. На картах выделены области размыва и накопления осадков, эпиконтинентальные моря с нормальной и нарушенной соленостью, архипелаги островов.

Естественно, что в атласе воплощены идеи новой глобальной тектоники. На картах современного положения материков показаны структурные швы. Они тракуются как зоны будущего рифтогенеза, или спрединга, зоны субдукции и, наконец, как зоны распространения обширных сдвигов. Проведенное сопоставление палеогеографических данных с геодинамическими мобилистскими моделями в общих чертах подтверждает совпадение направления перемещений континентов.

Изучение карт атласа позволило сделать целый ряд важнейших для теоретической и практической геологии выводов. Одним из них является заключение об окраинно-континентальном характере всех геосинклинальных поясов позднего докембрия и раннего палеозоя.

Существенным отличием этого фундаментального издания от других палеогеографических атласов является то, что каждая глобальная карта сопровождается объяснительным текстом. В сжатой форме сообщаются самые необходимые сведения о возрастных границах, межрегиональной и межконтинентальной корреляции и об особенностях вещественного состава осадков. Наряду с этим читатель знакомится с этапами развития тех или иных регионов и с общими закономерностями эволюции земной коры. Надо также отметить, что атлас завершается обширным списком литературы, в который вошли все изданные за

последние десятилетия крупные работы зарубежных и советских авторов.

Тем не менее атлас не лишен некоторых недостатков. Наиболее существенными представляются следующие. Во-первых, это различная степень обобщенности палеогеографических элементов. Так, слабая изученность многих районов Южной Америки, Африки, Индокитая, Гренландии и Антарктиды вынудила авторов иногда идти по пути более или менее произвольных интерпретаций.

Во-вторых, огромные пространства континентов на литолого-палеогеографических картах показаны как единые области размытия, хотя на самом деле в их пределах существовали горные массивы, плато, возвышенности и равнины, низменные денудационные по-

верхности, озера, пустыни, речная сеть. Фактический материал по многим регионам позволяет все это выделить. Например, хорошо изучены речная сеть девонского и карбонового перисдов на Восточно-Европейской платформе, пустыни пермского возраста в Бразилии и в Северной Америке, крупные озерные водоемы в Евразии и Северной Америке и т. д.

И, наконец, вызывает сожаление, что на литолого-палеогеографических картах не отражены характерные для того или иного отрезка времени фаунистические комплексы и растительные ассоциации и не выделены палеобиогеографические области и провинции.

«Атлас литолого-палеогеографических карт мира» является единственным в мировой литературе обобщением но-

вейших материалов по палеогеографии, литологии, палеотектонике и палеовулканизму позднего докембрия и палеозоя нашей планеты. Он является базой для глубоких выводов по палеогеографическому и палеотектоническому развитию территорий, геохимии осадочных пород, литологии и по другим направлениям современной геологии. Он позволяет выявить перспективные районы для поисков бокситов, фосфоритов, марганцевых и осадочных железных руд, каменного и бурого угля, строительных материалов и т. д.

Наряду с этим атлас уже служит и будет служить прекрасным иллюстративным материалом для преподавания региональной и исторической геологии, региональной тектоники, литологии и палеогеографии.

НОВЫЕ КНИГИ

Физика

Г. Фритш. ОСНОВА НАШЕГО МИРА. Пер. с нем. А. В. Беркова. М.: Энергоатомиздат, 1985, 208 с., ц. 1 р.

Последние два десятилетия ознаменовались рядом выдающихся достижений в исследовании структуры материи. Была открыта, развита и получила экспериментальное подтверждение кварковая модель строения элементарных частиц. О том, как были сделаны эти открытия и каковы в связи с ними сегодняшние представления ученых об устройстве нашего мира, рассказывает книга, написанная физиком-теоретиком из ФРГ Гаральдом Фритшем.

Во «Введении» автор пишет: «Еще никогда не была так велика пропасть, разделяющая представления естествоиспытателя и рядового гражда-

нина об окружающем нас мире. Отчуждение между погруженным в свои изыскания научным работником и неспециалистом приняло устрашающие размеры». И Г. Фритш, сам внесший значительный вклад в разработку современной теории элементарных частиц, написал книгу с желанием противодействовать этому отчуждению, показал широкому кругу читателей достижения фундаментальной физики.

В книге читатель найдет и объяснение сути квантовой хромодинамики — теории сильного взаимодействия, и объяснение единой теории электромагнитных и слабых взаимодействий, и рассказ о попытках физиков построить единую теорию всех взаимодействий в природе.

Изложению новых теоретических идей сопутствует описание сложных и дорогостоя-

щих опытов, проводимых на действующих гигантских ускорителях элементарных частиц. Рассказывается и о планируемых экспериментах на строящихся ускорителях.

Книга иллюстрирована, в ней дается словарь употребляемых терминов, а также список литературы по физике элементарных частиц.

Химия

А. А. Олаловский. НА КРАЮ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ. Ред. Г. Н. Гостеева, М.: Химия, 1985, 224 с., ц. 35 к.

Слово «фтор» в переводе с греческого означает «разрушающий». Это самый сильный из существующих в природе окислителей. Благодаря своей необычайной химической актив-

ности (почти все элементы, за исключением гелия, неона и аргона, образуют соединения со фтором) он оказался едва ли не в центре многих событий, связанных с научно-техническим прогрессом. А ведь всего несколько десятилетий назад фтор считался веществом, абсолютно непригодным для промышленного использования; сегодня его производство исчисляется тысячами тонн.

Современное значение фтора трудно переоценить, а его огромное будущее ученые-химики могут предугадать лишь в общих чертах. ...Новые виды энергии; ракеты для межпланетных путешествий; изобилие сельскохозяйственных продуктов; архитектурные ансамбли из очень легких и прочных сплавов и пластмасс, не боящихся ни воды, ни огня, ни резких ударов; автомобили на топливных элементах, не оказывающих вредного влияния на окружающую среду; города с удивительно чистым воздухом и водой, с заданным климатом; объемное кино и телевидение... — и везде нужен фтор!

Обо всем этом говорится в книге, адресованной лицам, интересующимся проблемами неорганической химии; в значительной степени она обращена к молодежи, определяющей свои профессиональные интересы.

Биология

А. Шевелев. ПАМЯТЬ О БУДУЩЕМ. ЭПЮДЫ ОБ ИММУНИТЕТЕ. М.: Советская Россия, 1985, 224 с., ц. 80 к.

Как часто бывает, за бурным развитием науки обобщающая и научно-популярная литература, отражающая ее развитие, не успевает. Такая ситуация сложилась сейчас в иммунологии: лавина журнальных публикаций, но очень мало книг, особенно популярных. Неудивительно поэтому, что каждая новая книга вызывает огромный интерес и, наверное, не столько специалистов, знакомых с положением дел по специальной литературе, сколько самых широких кругов читателей. Именно к такой аудитории и обращается А. С. Ше-

велев, доктор биологических наук, много лет занимающийся изучением интереснейших аспектов иммунологии. Он поставил перед собой сложную задачу: в небольшой по объему книге рассказать о долгом, тернистом пути иммунобиологии и попытаться заглянуть в ее будущее.

Обобщая огромный фактический материал, автор лаконично и ярко говорит о молекулярной и клинической иммунологии, об иммунологических парадоксах, затрагивает дискуссионные стороны проблемы эволюции и зарождения жизни. Читая книгу, можно узнать о последних успехах иммунологии в трансплантологии: так, появление новых иммунодепрессоров, создание иммунологической толерантности, а также подбор максимально совместимых доноров значительно увеличили продолжительность жизни чужеродных трансплантатов.

Специальная глава посвящена иммунологии рака. Наиболее крупным достижением в этой области можно считать разработанную раннюю иммунодиагностику некоторых форм рака, а также методы иммунотерапии. В этой главе, рассматривая опухолевые вирусы, автор касается одной из самых острых проблем современной медицины — обнаруженных совсем недавно вирусов человеческой Т-клеточной лейкемии.

Хотя книга несет большую информативную нагрузку, написана она почти в беллетристическом жанре. Каждая из девяти глав открывается эпиграфом, который настраивает на восприятие темы, и завершается небольшим заключением, помогающим читателю ориентироваться в подчас довольно запутанных проблемах.

География

К. С. Лосев. КЛИМАТ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ... И ЗАВТРА? Л.: Гидрометеоиздат, 1985, 176 с., ц. 55 к.

В десяти небольших главах книги, написанной живым и ярким языком, рассматриваются проблемы климата нашей планеты. Интерес к ним в последние годы необычайно

вырос. Это связано с большой вероятностью существенных климатических изменений в предвидимом будущем и значительным прогрессом в методах изучения климата.

Автор уделяет большое внимание понятию «климатическая система», которое устанавливает связь климата с элементами окружающей среды. Рассказывает о возникновении — буквально у нас на глазах — теории климата, которая, как и все новое, рождается в спорах. Обсуждаются проблемы математического моделирования климата, которое позволяет воспроизвести основные его черты. Автор знакомит читателя с научными программами изучения климата — советскими, зарубежными и международными.

С интересом читается раздел, посвященный методам реконструкции климата прошлых эпох, такая реконструкция — один из подходов к построению климатического прогноза.

В книге описывается современный климат Земли, рассматривается о его колебаниях в последнее столетие. Заключительная глава построена в виде конференции «за круглым столом», на которой по рассмотренным в книге вопросам высказываются метеорологи, климатологи, геофизики и даже те, кто не является специалистом в данной области. Мнения различные, но все сходятся в одном: необходимо выработать определенную стратегию действий, которая помогла бы человечеству избежать негативных последствий возможного изменения климата.

Охрана природы

В. А. Горюхов, Л. Б. Лунц. ПАРКИ МИРА. М.: Стройиздат, 1985, 328 с., ц. 8 р.

Многими тысячелетиями исчисляется история садов и парков. Можно ли обобщить этот опыт, проследить, как и в каких направлениях развивалась эта интереснейшая отрасль человеческой деятельности? Такую за-

дачу попытались решить в своей книге В. А. Горохов и Л. Б. Лунц. Это превосходно исполненное, богато иллюстрированное издание привлечет внимание и специалистов, и широких читательских кругов, интересующихся вопросами охраны природы.

В книге прослежена эволюция представлений о назначении парков, показано, как стремительно расширяются их функции в наше время. Из городских парков через парки культуры и отдыха, детские, парки-выставки и далее — в лесопарки, заповедники, национальные парки — таков маршрут, по которому ведут читателя авторы. Этот увлекательный маршрут проходит по разным континентам, пересекает границы многих государств.

Один из интересных выводов, к которому приходишь, познакомившись с книгой, можно сформулировать следующим образом: роль парков сегодня отнюдь не ограничивается выполнением эстетических, воспитательных, рекреационных функций; сегодня это одно из мощных средств охраны природы, улучшения окружающей среды. Сама действительность поставила в наши дни задачу не только уберечь растительность, ландшафты, архитектуру парков от вредного воздействия промышленных отходов, но и так развивать сеть парков самого разного назначения, чтобы свести к минимуму экологические издержки промышленного производства.

Археология

ДРЕВНИЕ КУЛЬТУРЫ КИТАЯ. ПАЛЕОЛИТ, НЕОЛИТ И ЭПОХА МЕТАЛЛА. Отв. ред. В. Е. Ларичев. Новосибирск: Наука, сер. «История и культура Востока Азии», 1985, 120 с., ц. 1 р. 80 к.

Этот сборник статей вместе с предшествующими томами серии «История и культура Востока Азии», выполненными тем же коллективом авторов, по-

священ исследованию обширного и недостаточно изученного периода в истории Китая — от палеолита до эпохи Хань.

Изучив материалы последних раскопок китайскими археологами местонахождений эпохи нижнего палеолита и сопоставив их с аналогичными данными иных архайчных индустрий каменного века, В. Е. Ларичев в своей статье сделал вывод, что необходимо выделить два главных пути эволюции среднеплейстоценовых гоминоид Китая — прогрессивный и «консервативный». Исследовавшая происхождение и специфику восточноазиатского неолита Чжан Яцин¹ продемонстрировала противоречивость взглядов китайских ученых на данную проблему и предложила новый путь решения вопроса: признание автохтонности культур бассейна Янцзы и диффузии в этот регион культур яншао и луньшань. В. В. Евсюков в обобщающей статье проанализировал сложное по своему смыслу религиозно-мифологическое содержание, которое кроется за полихромными росписями неолитической керамики яншао. Критической разбор археологических фактов, выполненный в статье С. А. Комиссарова, позволяет ему утверждать, что в чжоуское время китайская культура представляла собой своеобразную открытую систему и не только выступала в качестве культурного «донора», но и активно усваивала достижения извне. С. Т. Кожанов показал, как под влиянием кочевых племен лесостепной зоны Евразии изменялось вооружение и тактика ханьской армии, в которой основной ударной силой стали подвижные и маневренные кавалерийские отряды.

История науки

Г. М. Идлис. РЕВОЛЮЦИЯ В АСТРОНОМИИ, ФИЗИКЕ И КОСМОЛОГИИ. Отв. ред. А. Т. Григорьян. М.: Наука, 1985, 230 с., ц. 2 р. 40 к.

Основу книги составляет общее описание четырех важнейших революций в историче-

ском развитии астрономии, физики и космологии. Наиболее детально дан анализ первой из них — аристотелевой, которая рассматривается как своеобразный прототип трех последующих глобальных естественнонаучных революций: ньютоновской, эйнштейновской и еще не завершившейся постэйнштейновской.

Все эти научные революции сопровождались радикальными изменениями космологических представлений, происходило все более полное устранение эгоцентризма из космологии: от буквального эгоцентризма к геоцентризму, от геоцентризма к гелиоцентризму и к бесконечной структурной иерархии космических систем, устранение какого бы то ни было центризма вообще из описания нашего мира и, наконец, переход от данного мира к структурно неисчерпаемому множеству всевозможных квазизамкнутых миров, как подобный данному, так и существенно отличных от него.

Последняя, постэйнштейновская революция возвращает — на качественно новом уровне — к исходной проблеме взаимоотношения человека и Вселенной: человек действительно не является центром Вселенной, но весь наш мир (в отличие от всевозможных иных миров) определяется прежде всего как раз тем, что он удовлетворяет необходимым и достаточным условиям для возникновения в нем жизни и разума. Здесь речь идет о так называемом антропном принципе.

Многое в современных представлениях о строении материи (включая кварковую модель частиц, считавшихся прежде абсолютно элементарными, и идею автора о том, что квазизамкнутые макромиры типа нашей Метагалактики извне эквивалентны так называемым элементарным частицам) переключается с соответствующими античными учениями о природе. Тем самым происходит как бы возрождение этих идей, но в новом качестве.

¹ См. Природа, 1985, № 4, с. 125.

Гуси-лебеди в «Слове о полку Игореве»

С. Н. Кайдаш
Москва

Со всех страниц «Слова о полку Игореве» слышится птичий гомон. Каких только птиц там нет: сокол и кукушка, белые гоголи на воде и чайки на струях, черняди на ветрах, сороки, вороны, галки, соловьи, дятлы. Целое птичье царство...

Но лебеди среди них занимают особое место.

Первые строчки в поэме едва ли не самые загадочные — о «вещем» Бояне, который помнил «прежних времен усобицы»: «Тогда пущает десять соколов на стадо лебедей, которые догнать, та преди песнь пояше старому Ярославу». Сам же Боян уже «не десять соколов на стадо лебедей пущает, но своя веща персты на живые струны выскладывает, они же сами князем славу рокотаху».

Но кто пускал десять соколов на стаю лебедей? И почему из этого происходила «лебединая песнь» того, кто пел песню старому князю?

В отличие от соколов, которые шумят своими крылами по всей поэме, лебеди упоминаются только четыре раза. Первый раз — в зачине. Второй раз — когда Игорь выступил в поход, а половцы «неготовыми дорогами побегоша к Дону великому; крычат телеги полночи, рци, лебеди роспущены». Лебеди распущены — сказано, будто о лошадях, когда их выпустили на пастбище. Да ведь и верно: приазовские степи в древности назывались Лебеди-



Изображение гусей на стенах Дмитриевского собора во Владимире. Рельеф. 1194—1197 гг.

ей. Почему? Может быть, тут водилось много лебедей?

Третий раз в поэме лебедиными крылами всплескивает Дева Обида, и, наконец, в четвертый, последний, после возвращения из плена князь Игорь «избивает гуси и лебеди завтракку, и обеду, и ужину».

Почему после героических описаний битв, походов, побед и поражений, после торжественной строфики (ритмической прозы) вещего сна князя Святослава, полного таинственных символов, патетических восклицаний о Русской земле, страдающей от междоусобиц, после сказочных картин оборотничества Всеслава и Игоря, превращающегося на пути из плена то в волка, то в сокола, то в горностая, — вдруг такой бытовизм,

такая более, чем натуралистическая, подробность? Зачем читателю знать, что съест князь Игорь на завтрак, обед и ужин?

Между этими картинками лебедей в начале и финале поэмы будто ров с водой у стен средневекового замка, который не перейти: нет перекидного моста, не перелететь соколом, не перескочить волком...

В начале «Слова» лебеди выполняли какую-то таинственную роль — перед князем пели песню, а потом их безжалостно съедали. Но на всех царских пирах в старину подавались они, жареные...

А в русской сказке «гуси-лебеди» являются какой-то грозной, неумолимой силой, служат на посылках у Бабы-Яги.

Этнографам известен обычай, бытовавший в русских деревнях, когда, чтобы задобрить водяного, живущего, как известно, в омуте, ему бросали гуся без головы, а голову относили домой. Для чего? Что за связь с магической силой? Почему бы водяному, скажем, не поест утки, а нужен непременно гусь?



Изображение лебедей на Дмитриевском соборе во Владимире. Рельеф. 1194—1197 гг.

До наших дней дожили поговорки, в основе которых лежат заговоры: «С нас беда, как с гуся вода», «с гуся беда, а с меня, молодца, небыльи слова». Похоже, что в древности давали клятву над гусем.

В «Повести временных лет» сказано, что двор княгини Ольги «был в городе, где ныне двор Воротислава и Чудина, а ловушка для птиц была вне города»¹. В этом описании не упомянуты ни амбары, ни сараи. Значит, ловушка для птиц выполняла некую важную роль. Известно, что в древности князь

был одновременно и жрецом. По-видимому, птицы были связаны с языческим — северным во всяком случае — ритуалом.

Почему именно с северным? Вспомним один из греческих мифов: мать Аполлона и Артемиды, богиня Лето, происходила родом из страны гиперборейцев. В Малой Азии, в Ликии, был храм Лето (в Ликии жена, мать называлась ладой; Ладой же звали древнеславянскую богиню, память об этом сохранилась в народных песенках — «ладушки, ладушки»). Когда Лето собралась рожать, она прибыла на остров Делос, куда тотчас же прилетели лебеди и семь раз облетели остров. Лишь тогда Лето родила детей. После рождения Аполлона Зевс, отец, дал ему колесницу, которую влекли лебеди, и послал к Кастальскому ключу, где с тех пор был оракул Аполлона. В этом мифе нас интересует следующая подробность: взойдя на колесницу, Аполлон пустил лебедей лететь в страну гиперборейцев, откуда была родом мать и куда каждое

лето летал он сам. Где же помещалась эта страна?

Лукиан считал, что гиперборейцы обитали «севернее и дальше скифов». А Геродот рассказывает, что однажды послали гиперборейцы на Делос дары со своими девушками, Гиперохой и Лаодикой, которых сопровождали пять юношей. Посланцы домой не вернулись, и с тех пор гиперборейцы сами на острове не бывали, а, посылая дары Аполлону, доносили их до ближайших соседей, прося их, чтобы те, в свою очередь, переправили дары до своих границ, и так далее, пока обернутые пшеничной соломой дары не достигали Делоса. Пасаний утверждал даже, что само дельфийское святилище было основано гиперборейцами, среди которых был певец Олен.

От гиперборейцев же, «от тенистых потоков Истра», Дуная, греки взяли для разведения оливу. Гиперборейцы, по свидетельству античных историков и географов, жили «за Рифейскими горами», т. е. за Альпами и Карпатами, где в I тыся-

¹ Памятники литературы Древней Руси. XI — начало XII века. М., 1978, с. 69.

четлетия до н. э. обитали прибалтийские племена, область которых широкой полосой тянулась в глубь Восточной Европы вплоть до бассейна Оки и Клязьмы. Но к прибалтам, считает Б. А. Рыбаков, «принадлежали и геродотовские андрофаги на Верхнем Днепре, и будины на Десне и Оке»². Получается, что Аполлон летал на лебедях и в славянские земли, в землю будущего Черниговского княжества, и не случайно на стенах черниговского собора изображен дельфийский треножник.

Богиню Лето-Ладу почитали, таким образом, на огромной территории, во всех областях позднейшего славянского расселения³.

Однако вернемся к лебедям. Не только Аполлон, бог солнечного света, летал на них. На бронзовом браслете, найденном близ Познани, изображены солнечные диски с лебедиными шеями. Б. А. Рыбаков полагает, что эти «солнечные лебеди» северных племен соучаствовали «в каком-то общем (может быть, индоевропейском) мифотворчестве, связанном с солнцем и солнечным божеством... В прикладном искусстве разных веков... идея суточного движения солнца выражалась обычно посредством двух видов существ: днем светило везут по небу кони (кони Гелиоса, миф о Фазтоне и др.), а ночью по подземному океану птицы: утки, лебеди, гуси. Возможно, что образ лебедей, влекущих светило и по океану, и по небу, первоначальнее коней — лебедь может и плыть и лететь; летящие лебеди более естественный образ, чем скачущие по небу кони»⁴.

Культ лебедей сохранился в славянских землях и после принятия христианства. В северных русских областях сохранилась легенда о том, что 21 сентября — в день рождения богородицы — выпускалась на волю пара лебедей, а вместо них закалывались две домашних птицы или два других домашних живот-

ных. Другая легенда рассказывает, как в этот же день — в сущности, в день празднования женского божества — «прилетали различные птицы — лебеди, гуси и прибежали звери разные, одного убивали, другие исчезали»⁵. Смысл этих легенд в том, что звери и птицы прибегали и прилетали для того, чтобы стать жертвенными животными, подвергнуться закланию.

Все эти разнородные сведения из этнографии, мифологии и фольклора, собранные вместе и сопоставленные, возможно, и дадут ключ к некоторым местам из «Слова о полку Игореве».

Древнегреческий писатель Элиан подробно описал обряд, который может пролить свет на зачин поэмы, где Боян «пущает десять соколов на стадо лебедей...» В стране гиперборейцев, пишет он, у Аполлона есть жрецы, сыновья Борея и Хиона. «Их три родные брата, ростом в шесть локтей. Всякий раз, когда они совершают установленные священнодействия в обычное время по предписанию с так называемых у них Рипейских гор слетается туча лебедей, непреодолимая своим множеством; и они облетают храм, как будто очищая его своим полетом, затем, однако, садятся на ограду храма», представляя собою зрелище величественное по множеству и красоте.

Когда же певцы своим пением воспевают бога и кифаристы сопровождают хор гармоничной во всех отношениях мелодией, тогда и лебеди сообщая присоединяются к пению и никоим образом нигде не поют нескладно и неточно, но так, как будто они приняли во внимание указание главы хора и вторят в священном пении самым опытным певцам. Затем по окончании гимна они удаляются, воздавая обычное почитание богу, и целый день, можно сказать, выше названные пернатые певцы все вместе прославляют и воспевают бога»⁶.

Как могло происходить, что лебеди «пели в лад» с человеком? Возможно, что на состязаниях древнерусских певцов соколов использовали как загонщиков лебедей (это при развитости в те времена соколиной охоты неудивительно). Лебеди слетали с гор и «загонялись» во двор храма или двора именно в нужное певцам и жрецам время. Иначе зачем же упомянутые жрецы «ростом в шесть локтей», ответственные за ритуал?

В свое время археолог И. И. Ляпушкин открыл около деревни Пожарная балка в Полтавской области огромное кострище, так называемый «зольник» — жертвенное место, которое было покрыто изображениями лебедей, вырезанных в земле наподобие гемм. Полтора десятка птиц на площади в 150 м²! Находка только подтверждает особое назначение — возможно и жертвенное — лебедя в языческих верованиях, жертву съедали, это и стало началом обычной употреблять лебедей на завтраки, обеды и ужины.

О том, что эти птицы были связаны с языческими обрядами говорит и топонимика. Недалеко от Путивля, на стене которого причитала Ярославна, есть городок Лебедин; на берегу нынешнего Киевского водохранилища, близ Киева, — Лебедевка; в Карпатах («Рифейских горах») текут речки Лебединка, Лебедишка и Лебединец⁷. А в Киеве и в наши дни течет древняя речка Лыбедь, названная в честь сестры основателей Киева — братьев Кия, Щека и Хорива. По их именам названы три горы на берегу Днепра — Кива (Замковая гора), Щеквица и Хоревца. Рядом с ними стоит и четвертая гора — Лысая, где, по преданию, происходили сборища нечистой силы. Киевские ведьмы считались могущественными, ловкими и умелыми. Однако само понятие «ведьмы» возникло в христианские времена. Во времена же Кия, Щека и Хорива, возможно, гора эта была горой сестры их Лыбеди, которая, опять-таки возможно, была язы-

⁵ Шаповалова Г. Г. Севернорусская легенда. М., 1977, с. 216.

⁶ Цит. по: Лосев А. Ф. Античная мифология в ее историческом развитии. М., 1957, с. 406.

² Рыбаков Б. А. Язычество древних славян. М., 1981, с. 415.

³ Там же, с. 416.

⁴ Там же, с. 344.

⁷ Трубачев О. Н. Названия рек правобережной Украины. М., 1968, с. 23, 26, 41.

ческой жрицей, и лебеди «служили у нее на посылках»⁸.

Поэтому, когда князь Игорь священных птиц гусей-лебедей стреляет к завтраку, обеду и ужину, это уже не вызывает недоумения.

Даже в христианские времена многие языческие обычаи существовали на Руси. До наших дней дошли отголоски преданий, заговоров, согласно которым к белым лебедям надлежит относиться осторожно и бережно. В одном из заговоров подходит к «добру молодцу» «родная матушка, во слезах горячих, поила молодца сытой медовой, кормила молодца белоснеговой крупой, а кормивши сама приговаривала: Не скакать бы молод-

цу по чисту полю, не искать бы молодцу чужой добычи, не свykаться молодцу со буйными ветрами, не радоваться бы молодцу на рать могучу, не пускать бы молодцу калену стрелу по поднебесью, не стрелять бы белых лебедей (курсив наш.— С. К.), не доставать бы молодцу мечь-кладенец»⁹. В других заговорах лебедь обладала чрезвычайной силой: «Ты полети к морю Хвалынскому,— обращались к ней,— закляй змея огненного, достань ключ семипудовый»¹⁰.

Птица эта олицетворяла некогда природные стихии и образы: ветры, облака, молнии, солнечный свет. Отсюда, верно, и исходит понятие о лебедях как о солнечных девах, купающихся в водах облачного моря, или

о девах в облачных одеждах. А из сравнения облаков с одеждами возникло сказание о волшебных сорочках, которые надевают девы, принимающие облик лебедей. Не отсюда ли поверье о тех счастливацах, что родились в сорочке? Одним из них был герой «Слова» Всеслав Полоцкий, носивший эту сорочку всю жизнь на груди, что придавало ему особую силу, и не в последнюю очередь — силу оборотничества, превращения в птиц и зверей.

«Слово» — памятник двоеверия. Сказочные картины жизни Всеслава Полоцкого, плач Ярославны, который похож на заговор — все это говорит о сильной языческой стихии памятника, корни которой еще далеко не исследованы.

Вот в какую древность уводят нас с собою образы птиц, по-своему воспетых гениальным автором «Слова о полку Игореве».

⁸ Рыбаков Б. А. Древности Чернигова.— В сб.: Материалы и исследования по археологии древнерусских городов. Т. I. М.—Л., 1949, с. 37.

⁹ Афанасьев А. Н. Древо жизни. М., 1983, с. 142.
¹⁰ Там же.

В номере использованы фотографии АЛЕКСЕЕВА Н. Н., БОЖАНСКОГО А. Т., ВЕЙСМАНА Л. И., КОЧЕТОВА С. М., ЛЮБИНСКОГО Е. Г., СВИНЦОВА И. П., УХТОМСКОГО Д. Д., ХАСАНОВА Ш., ШВЕЦОВА П. Ф.

Художник П. Г. АБЕЛИН
Художественные редакторы:
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯЯ

Корректоры:
Э. А. ГЕОРГАДЗЕ, Т. Д. МИРЛИС

Ордена Трудового Красного
Знамени издательство «Наука».

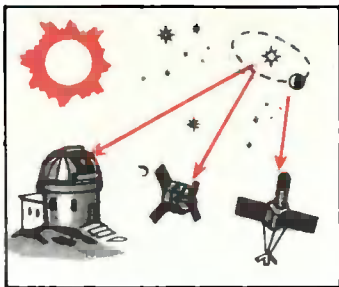
Адрес редакции:
117049, Москва, ГСП-1,
Мароховский пер., 26.
Тел. 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 10.12.85
Подписано к печати 20.01.86
Т—05916
Формат 70×100 1/16
Офсет
Усл.-печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 1464,9 тыс.
Уч.-изд. л. 15,4
Бум. л. 4
Тираж 54720 экз. Зак. 3443

Ордена Трудового Красного
Знамени Чеховский полиграфический комбинат ВО «Союзполиграфпром» Государственного комитета СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли.
г. Чехов Московской области



— 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.



В следующем номере

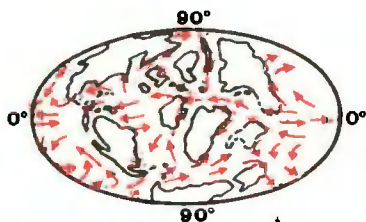
Еще несколько лет назад вопрос о существовании других планетных систем казался почти умоузырительным. Однако сейчас готовится ряд проектов по поиску планет у других звезд.

Токовинин А. А. Разыскивается планета.



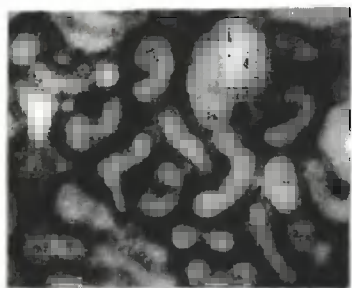
Почему рождаются близнецы? Этот вопрос давно интересует генетиков, однако окончательного ответа на него нет до сих пор. Новые цитогенетические данные позволяют объяснить некоторые возможные механизмы многоплодия.

Голубовский М. Д. Отцы и близнецы.



В Южном полушарии существует уникальная система течений, опоясывающая весь земной шар. Математическое моделирование позволило восстановить геологическую историю этого своеобразного кольца, мощного регулятора климата.

Сандов Д. Г. История Большого южного кольца.



Существующие сейчас способы борьбы с гриппом не дают устойчивого иммунитета. Поэтому исследователи разрабатывают новые препараты, вакцины будущего, которые позволили бы победить эту «последнюю чуму человечества».

Шварцман Я. С., Корчанова Н. Л. Грипп: иммунитет и вакцины будущего.



При искусствоведческом анализе нужно различать случаи, когда художник сознательно вносит искажения в изображаемый им мотив, от других, когда ему ошибочно приписывают такие отступления на основании прямого сравнения его картин с фотографиями.

Раушенбах Б. В. Пейзажи. Перспектива и зрительное восприятие.

Цена 80 к.
Индекс 70707

