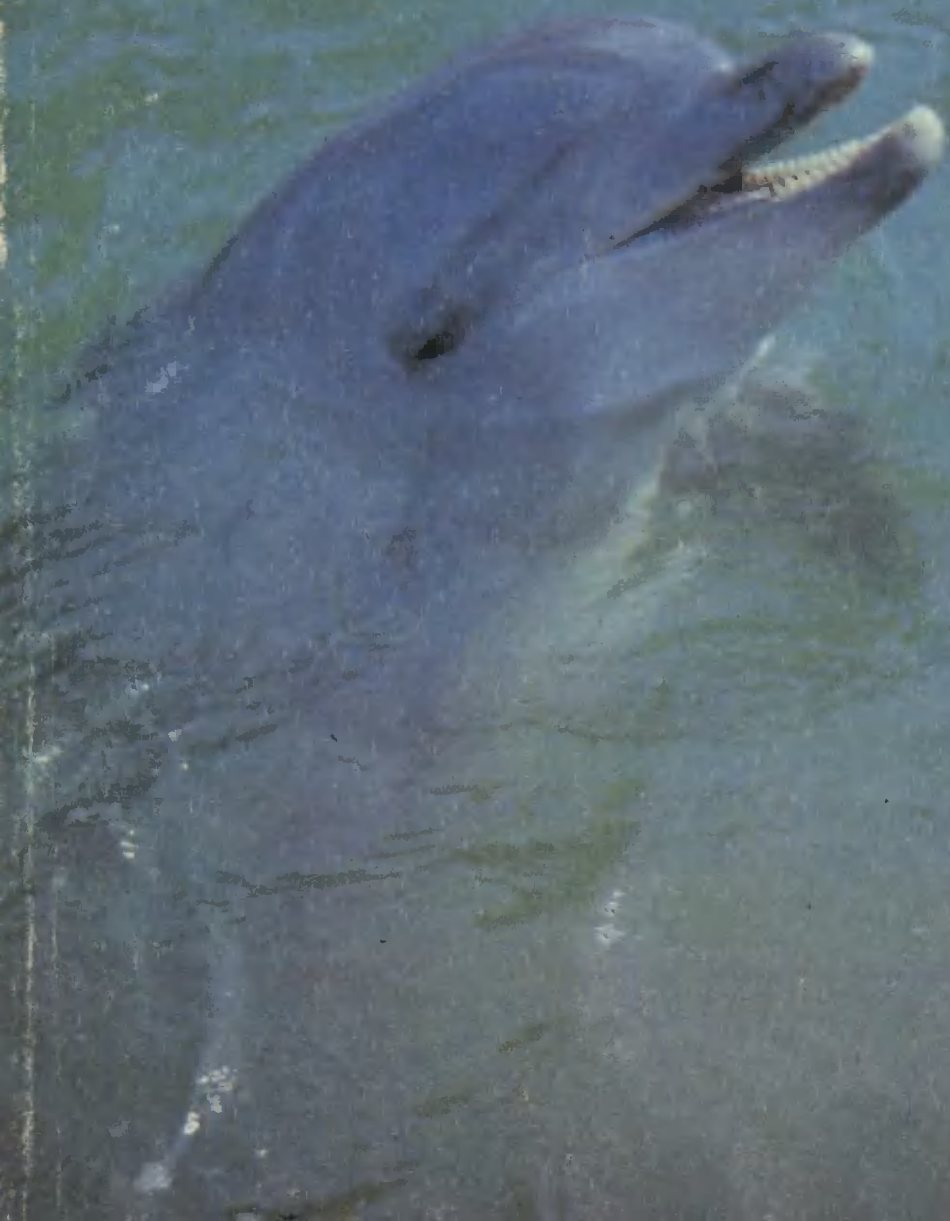


ISSN 0032—874X

ПРИРОДА

5'90



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
академик
Н. Г. БАСОВ

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

Заместитель главного редактора
Ю. Н. ЕЛДЫШЕВ

Член-корреспондент АН СССР
Г. А. ЗАВАРЗИН

Академик
В. Т. ИВАНОВ

Доктор физико-математических наук
Н. П. КАЛАШНИКОВ

Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Доктор физико-математических наук
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Кандидат физико-математических наук
А. А. КОМАР

Академик
Н. К. КОЧЕТКОВ

Доктор философских наук
Н. В. МАРКОВ

Доктор исторических наук
П. И. ПУЧКОВ

Заместитель главного редактора
академик
Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ

Доктор философских наук
Ю. В. САЧКОВ

Заместитель главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Академик АН УССР
А. А. СОЗИНОВ

Академик
В. Е. СОКОЛОВ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

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

Академик
В. Е. ХАИН

Доктор физико-математических наук
А. М. ЧЕРЕПАЩУК

Доктор физико-математических наук
В. А. ЧУЯНОВ

ПРИРОДА

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
ПОПУЛЯРНЫЙ
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

Издается с января 1912 года



НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Черноморская афалина — один из наиболее вероятных помощников человека в освоении Мирового океана. См. в номере: Соколов В. Е., Стародубцев Ю. Д. В подводном поиске — дельфины.

Фото А. В. Моисеева.

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Гарнитур с колумбийскими изумрудами. См. в номере: Здорин Т. Б. Изумруд.



— символ межправительственной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (The Man and the Biosphere). Им обозначены материалы, которые «Природа» публикует, участвуя в этой программе.

© Академия наук СССР
журнал «Природа» 1990

В НОМЕРЕ

3 Феоктистов Л. П. НАУКА НА НОВЫХ РУБЕЖАХ

За годы застоя наука стала неповоротливой, неспособной оперативно влиять на жизненный уровень общества. В эпоху перестройки некоторые отрицательные тенденции только усугубились. В чем выход?

8 Заварзин Г. А. ПРОТЕОБАКТЕРИИ: ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПРИНЦИП В СИСТЕМАТИКЕ ПРОКАРИОТ

Современная система прокариот, построенная на сходстве молекул, только в том случае будет отражать эволюцию, если ее единицей считать устойчивое сообщество групп бактерий, взаимодействующих за счет трофических связей.

18 Апполонов С. В. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПАЛЕОГЕОДИНАМИКЕ

Тектоническую обстановку прошлых эпох реконструируют пока в основном по геологическим индикаторам. Между тем в магнитном, гравитационном и тепловом полях Земли сохранились ее следы.

26 Соколов В. Е., Стародубцев Ю. Д. В ПОДВОДНОМ ПОИСКЕ — ДЕЛЬФИНЫ

В незапамятные времена человек научил собаку помогать ему на охоте. Сейчас он нуждается в подводных помощниках и находит их среди морских млекопитающих.

32 Толчий В. Н., Бондаренко Т. Г. ПОЛОСАТАЯ ГИЕНА: БЫЛИ И НЕБЫЛИЦЫ

Не зная биологии этого зверя, не научившись регулярно получать потомство в зоопарках, его нельзя сохранить в отечественной фауне.

КАМЕНЬ МЕСЯЦА

36 Здорик Т. Б. ИЗУМУРД

42 Тихомиров А. В. ИЗОТОПНЫЕ МЕТКИ В ИЗУЧЕНИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Искусственные изотопы могут быть получены в неограниченном количестве. Остается выяснить потребности экологов.

44 Васильевский Р. С., Гладышев С. А., Комиссаров С. А. КАМЕННЫЙ ВЕК НА КУБЕ

В ходе более чем 20-летнего сотрудничества кубинских и советских археологов открыты древнейшие культуры, изучение которых позволит установить время освоения человеком Больших Антильских о-вов.

47 КЫШТЫМСКАЯ АВАРИЯ КРУПНЫМ ПЛАНОМ

В 1957 г. на Южном Урале произошла авария со значительным выбросом радиоактивности. Итоги многолетнего изучения ее последствий и опыт их ликвидации подробно освещены в подборке статей, специально подготовленной для «Природы».

Никипелов Б. В., Дрожко Е. Г. ВЗРЫВ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ (48) Романов Г. Н., Воронов А. С. РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА ПОСЛЕ АВАРИИ (50)

Романов Г. Н., Спиринов Д. А., Алек- сахин Р. М. ПОВЕДЕНИЕ РАДИО- АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ОКРУЖАЮ- ЩЕЙ СРЕДЕ (53)

Спиринов Д. А., Смирнов Е. Г., Суворова Л. И., Тихомиров Ф. А. ДЕЙСТВИЕ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ЖИВУЮ ПРИРО- ДУ (58)

Романов Г. Н., Булдаков Л. А., Шведов В. Л. ОБЛУЧЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ И МЕДИЦИНСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ АВАРИИ (63)

Романов Г. Н., Тепляков И. Г., Шилов В. П. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ХО- ЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (67) Романов Г. Н., Дрожко Е. Г., Никипе- лов Б. В. ПОДВОДЯ ИТОГИ (73)

76 Левитов Л. С. КВАЗИКРИСТАЛЛЫ

Существуют ли кристаллы с пятиугольной симметрией? Долгое время считалось, что нет, однако недавние открытия опровергли эту догму.

86 Голубовский М. Д. ПРОТИВОСТОЯНИЕ. (К 100-летию со дня рождения А. А. Любищева)

«Возвысьте голос против монополии, установленной в биологии Лысенко...» — такова была позиция А. А. Любищева, крупнейшего энтомолога, теоретика биологии и философа.

93 Сонин А. С. СОВЕЩАНИЕ, КОТОРОЕ НЕ СОСТОЯ- ЛОСЬ (окончание)

Марков М. А. ГЛАЗАМИ ОЧЕВИД- ЦА (99)

102 НОВОСТИ НАУКИ (41)

118 КОРОТКО (85)

120 РЕЦЕНЗИИ

123 НОВЫЕ КНИГИ

ИНФОРМАЦИЯ (84)

ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ

125 Артемьев А. В., Пономарев С. М., Малютин Н. В. ПЕРВОЕ АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО РОССИИ

CONTENTS

3 Feoktistov L. P. NEW FRONTLINES OF SCIENCE

During the years of stagnation science became sluggish, unable to exert influence on the living standard of our society. In some aspects perestroika just deepened some of the negative tendencies. Is there a way out?

8 Zavarzin G. A. PROTEOBACTERIAS: THE ECOLOGICAL PRINCIPLES IN THE PROCARIOT SYSTEMATICS

The present procariot system based on molecular similarity can be a truthful reflection of evolution only if a stable community of bacterial groups that interact through trophic ties is accepted as its unit.

18 Aplanov S. V. GEOPHYSICAL STUDIES IN PALAEO-GEODYNAMICS

Tectonic situations of the past are mainly reconstructed by geological indicators. Meanwhile the Earth's magnetic, gravitational and heat fields still preserve tectonic traces.

26 Sokolov V. E., Starodubtsev Yu. D. DOLPHINS IN THE UNDERWATER SEARCH

Since time immemorial man has trained hunting dogs. Today he needs faithful helpers under the water and tries to tame marine mammals.

32 Topchi V. N., Bondarenko T. G. THE STRIPED HYENA: THE TRUTH AND LEGENDS

Unless we study the biology of this beast and learn to multiply it in our zoos we have no chance of retaining it as a part of our fauna.

36 THE STONE OF THE MONTH Zdorik T. B. EMERALD

42 Tikhomirov A. V. ISOTOPE MARKS IN THE ECOLOGICAL STUDIES

44 Vasilievsky R. S., Gladyshev S. A., Komissarov S. A. THE STONE AGE IN CUBA

Man-made isotopes can be produced in unlimited quantities. There is nothing but to determine ecologists' needs.

47 THE STONE AGE IN CUBA

THE KYSHTYM DISASTER: A CLOSE-UP

In 1957 a disaster with a considerable radioactive contamination occurred in the Southern Urals. We offer a set of articles that looks at its consequences and the accumulated experience of their liquidation.

Nikipelov B. V., Drozhko Eu. G. AN EXPLOSION IN THE SOUTHERN URALS (48)

Romanov G. N., Voronov A. S. THE RADIATION SITUATION AFTER THE EXPLOSION (50)

Romanov G. N., Spirin D. A., Alexakhin R. M. RADIOACTIVE SUBSTANCES IN THE ENVIRONMENT (53)

Spirin D. A., Smirnov Eu. G., Suvorova L. I., Tikhomirov F. A. RADIOACTIVE IMPACT ON THE LIVING NATURE (58)

Romanov G. N., Buldakov L. A., Shvedov V. L. IRRADIATION OF THE POPULATION AND THE MEDICAL SEQUENCES OF THE EXPLOSION (63)

Romanov G. N., Teplyakov I. G., Shilov V. P. RETURN TO ECONOMIC ACTIVITIES (67)

Romanov G. N., Drozhko Eu. G., Nikipelov B. V. SUMMING UP (73)

76 Levitov L. S. QUASICRYSTALS

Are there crystals with pentagon symmetry? Recent discoveries have refuted old delusions that such crystals do not exist at all.

86 Golubovsky M. D. OPPOSITION (The centenary of A. A. Lyubischev's birth)

"One has to raise one's voice against the Lysenko's monopoly in biology..." — this was the position accepted by A. A. Lyubischev, an outstanding entomologist, philosopher and theoretician.

93 Sonin A. S. THE MEETING THAT FAILED TO TAKE PLACE (CONCLUSION) Markov M. A. EYE - WITNESS ACCOUNTS (99)

102 SCIENCE NEWS (41)

118 NEWS IN BRIEF (85)

120 BOOK REVIEWS

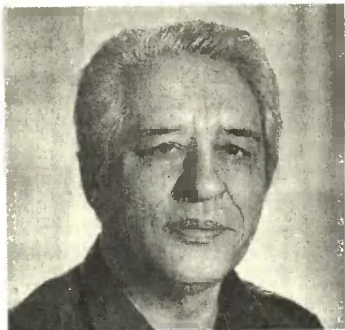
123 NEW BOOKS

INFORMATION (84)

125 MEETING THE FORGOTTEN PAST Artemiev A. V., Ponomarev S. M., Malyutina N. V. THE FIRST ASTRONOMIC SOCIETY IN RUSSIA

Л.П. Феокистов **Наука**

на НОВЫХ рубежах



Лев Петрович Феокистов, член-корреспондент АН СССР, заведующий отделом Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР, заведующий кафедрой Московского физико-технического института. Основные научные интересы относятся к области ядерной физики и техники. Лауреат Ленинской премии и Государственной премии СССР. Герой Социалистического Труда. Заместитель главного редактора журнала «Природа».

СЕЙЧАС, в ходе перестройки, весь наш образ жизни подвергается переосмыслению. Открытость не только поощряется, она становится даже модной. На нас обрушился мощный поток информации, но достойно сожаления, что он почти не имеет созидательных начал, поскольку обращен в основном в прошлое. Подавленные грузом прошлых ошибок и бесконечным дефицитом, ожесточенные и напряженные люди стали реже улыбаться. На повестку дня выдвинулся острый, как нож, вопрос: а тот ли социализм мы строим? Шестерни старого механизма все еще крутятся, пусть и со скрипом, но что же завтра? Их заменят или только добавят смазки?

Одна из главных причин, объясняющих, почему капитализм сумел преодолеть кризисы и внутренние противоречия, состоит в широком использовании достижений науки и техники. Самые развитые страны мира сумели войти в постиндустриальное общество, где могущество государства и жизненный уровень народа определяются не экстенсивным развитием хозяйства, не тонно-километрами чугуна или тканей, а наукоемкими технологиями и методами создания новых технологий. Ясно, что тяжелое положение нашей страны порождено не только и не столько безразличием, воровством и коррупцией — они, скорее, следствие, нежели первопричина. Полагаю, что в негативных процессах важную роль сыграли неверие в могущество науки, отсутствие потребностей в новых идеях, исчезновение экономических стимулов, необходимых для ее развития.

Во все века общество влияло на науку. Конечно, содержание законов Ньютона не зависит от того, какой общественно-политический строй существовал в Англии XVII в. Но общество сильно влияет на приоритеты, и, может статься, что в иное время в иной стране Ньютон не стал бы

заниматься классической механикой, а исследовал бы, скажем, увлекательную теологическую проблему: сколько ангелов разместится на кончике иглы. Влияние сталинского общества на советскую науку привело к тому, что философия насковзь политизировалась, экономика мыслила исключительно догмами дореволюционной эпохи, а историческая наука оказалась неспособной создать нормальный школьный учебник. Попытки зажечь научную мысль жесткими политическими тисками предпринимались не только в отношении общественных наук — в большей или меньшей степени они нанесли вред и таким дисциплинам, как кибернетика и биология, коснулись даже физики. К счастью для физиков, оказалось, что «буржуазно-махистские бредни» вроде теории относительности и квантовой механики помогли им создать атомную бомбу. К таким веским аргументам прагматический тоталитарный режим относился с уважением. Поэтому деятельность партийных идеологов в области физики свелась в основном к доказательству ложных приоритетов русской науки, что было унижительно, но не слишком опасно.

Грандиозная показуха, ставшая неотъемлемой частью нашей жизни, и милитаризация, столь же масштабная, сколь и бессмысленная (но достаточно наглядная, чтобы противостоять и внешней, и внутренней оппозиции), — все это непосредственно коснулось и науки. Кстати сказать, милитаризация оказала некое положительное влияние. Я уже упоминал, что благодаря ей физика была спасена от разгрома, постигшего биологию. В науку потекли большие деньги, ученым были созданы сносные условия жизни и работы, что не замедлило сказаться на результатах. Но, по-видимому, здесь же таилась опасность для будущего науки. В первую очередь надо упомянуть ограниченность контактов советских ученых с мировым научным сообществом.

Отрицательные тенденции развития привели к появлению ученых нового типа, для которых поиск истины не был уже главной целью. В науку потянулись люди, хорошо чувствующие конъюнктуру и умело использующие ее в собственных корыстных интересах. Другие предпочли отгородиться от внешнего мира, делая вид, что политическая ситуация в стране к ним отношения не имеет. Лишь очень немногие, как А. Д. Сахаров, пытались найти выход из тупика, говорили правду, вызывая этим гнев властей и негодование закосневшей в догмах части общества. Немалую роль сыграла и недалё-

новидная политика противопоставления интеллигенции и рабочего класса.

Наука попала в очень сложное положение. Административная система в ее достижениях не нуждалась, в результате творческий потенциал общества оказался невостребованным, а наука в целом попала в желоб жестко планируемого вала. Испытывая такое давление, она стала неповоротливой, неспособной оперативно влиять на жизненный уровень общества. Это, в свою очередь, породило к ней недоверие, переходящее во враждебное отношение. В итоге общество, измученное трудной судьбой, демагогией и политушкой на всех уровнях, потеряло интерес к науке. Положение ученых стало заметно ухудшаться. В последние тридцать лет зарплата научных работников не менялась, и теперь у кандидата наук она меньше средней по стране.

Как это ни парадоксально, некоторые отрицательные тенденции в эпоху перестройки в науке только усугубились. Под давлением новых представлений о престиже профессий и жизненных ценностей начался сильный отток молодежи из науки и инженерии, т. е. тех отраслей человеческого знания, без которых невозможно создание материального благосостояния общества и которые определяют уровень жизни последующих поколений. Подстерегает и иная беда — «утечка мозгов» за границу. Если это произойдет, страна будет отброшена в застой, более глубокий, чем за все 20 лет правления Брежнева. Помешать оттоку людей науки и культуры может только признание обществом их особой роли, подкрепленное моральными и материальными стимулами. Но в обществе, пронизанном уравнительными настроениями, слово «элита», пусть даже интеллектуальная, становится бранным.

Сомкнулся круг, образованный большим безразличием и неприятием таланта обществом и самонадеянным руководством, которое всегда считало себя способным руководить всей деятельностью общества, в том числе и наукой.

Сегодня на передний план выступают преобразования, направленные на исправление бедственного положения в стране. Совершенно исключительная роль в этом процессе предназначается Академии наук. В ее адрес в последние годы прозвучало множество упреков, зачастую обоснованных, иногда совершенно незаслуженных. Не стоит забывать, что в прошлом Академия была, пожалуй, самой неудобной для административной системы организации и нередко

оказывала сопротивление диктату сверху. Но нельзя не признать и справедливость многих критических замечаний в адрес организации, призванной по своей сути быть флагманом научной жизни страны. Сейчас меняются многие организационные структуры, и этот процесс не может не затронуть Академию наук. Однако для проведения реформ нужно четко уяснить ее цели и задачи.

В последнее время часто приходится слышать, что генеральной линией Академии должна быть научная стратегия. Иными словами, Академия будто бы должна заниматься фундаментальными исследованиями, не преследуя целей повседневных, но обращая свой взор в будущее. Такая формулировка, по меньшей мере, несовершенна и неоднозначна. Наука — не домостроение, где каждый может отличить фундамент от мансарды. Граница между так называемыми фундаментальной и прикладной науками размыта и по-разному трактуется различными людьми, нередко для оправдания собственной бездеятельности или даже для прикрытия научной недобросовестности.

Действительно, к какому разделу следует отнести, например, рентгеновскую оптику — управление излучением, более жестким, чем ультрафиолетовое и тем более видимый свет. Это — бурно развивающееся научное направление, и в то же время на его основе могут быть созданы и уже создаются совершенные приборы для литографии, томографии, звездной рентгеновской астрономии.

Другой пример. Чтобы прошла термоядерная реакция с положительным энергетическим выходом, необходимо разогреть вещество до температур, превосходящих температуру в центре Солнца. Эта задача решена в водородной бомбе. Но как сделать ядерную реакцию синтеза управляемой, чтобы условия ее протекания были приемлемы для получения энергии? Поставленную задачу пытаются решить самыми различными способами — с помощью магнитных ловушек, мощных лазеров, электронных и ионных пучков и т. п. Исследования в этой области не претендуют на открытие новых фундаментальных законов и имеют четкую практическую цель. Но они дали уже множество чисто научных результатов, обогатили наши знания в самом широком смысле. А можно ли сказать, что достижение рекордно низких температур или давлений в миллионы атмосфер не является высокой наукой?

Подлинно научный результат достигается только кропотливым трудом, где не место охоте за сенсациями, границащими с

погоней за чудесами. Кстати сказать, вера в чудеса характерна для нынешнего состояния умов в нашем обществе. Появление заряженной фотографии Чумака, регулирование интимной жизни по советам астрологов, охота за Барабашкой — это симптомы болезни общества. Не так давно весь мир всколыхнули сообщения американских ученых об открытии ядерной реакции синтеза, якобы протекающей при комнатной температуре в процессе электролиза тяжелой воды. Они были подхвачены средствами массовой информации, падали на такие чудеса. Один из использовавшихся аргументов: никто не верил в высокотемпературную сверхпроводимость (ВТСП), а она оказалась реальностью. Существенная разница в том, что ВТСП не противоречила основам науки, а вот холодная ядерная реакция, претендующая на положительный энергетический выход, не согласовывалась ни с какими квантовомеханическими расчетами. Как и следовало ожидать, сенсации не получилось, так как в науке чудес не бывает. Но определенные уроки можно и нужно извлекать. Первый из них: нельзя подменять испытанный временем способ проверки и подачи научных результатов не подкрепленными научной экспертизой «горячими» сообщениями.

И все же вера в холодный синтез отличается от астрологических суеверий — с самого начала она подогревалась надеждой на экономический эффект. Для западных промышленных компаний вообще характерно уважение к научным исследованиям, к ученым, в чьих лабораториях могут родиться новые возможности практических приложений. Там не ученые идут к промышленникам с просьбой что-либо внедрить, а промышленники подхватывают изобретения ученых. У нас за годы застоя наука развивалась так же неспешно, как и все остальное, не испытывая толчков со стороны промышленности. Эти две стороны жизнедеятельности общества обособились, мало влияя друг на друга. Сегодня здесь наметились определенные изменения, но процесс идет слишком медленно. Рано или поздно предприятия, вставшие на путь нормальных экономических отношений, не смогут развиваться и конкурировать с соперниками, не привлекая новейших достижений науки. Для этого им нужна будет надежная и оперативная информация. Функцию информационного обеспечения могут взять на себя Академия наук и общество «Знание», тем более что за долгие годы в недрах чисто академической науки накопилось множество общепользованных достижений, мало

известных широкой общественности. В этой связи хочу обратить внимание читателей еще на один факт. Журнал «Природа», где публикуется эта статья имеет тираж около 50 тыс. экземпляров. В США выходит журнал примерно такого же уровня — «Scientific American», тираж которого на порядок больше. Меньше всего я винил бы в этом журналистов или полиграфическую базу. Слова упрека скорее можно обратить к нашим ученым, не придающим должного значения популяризации собственных достижений и слабо интересующимся чужими результатами. В США, к примеру, позорно обнаружить свое незнание новейших достижений современной науки, а для бизнесмена это еще и чревато финансовыми потерями.

Конечно, интерес к науке не вводится декретами. В процессе перестройки, я надеюсь, должны возникнуть экономические механизмы, возбуждающие взаимный интерес науки и промышленности. Только эрудиция, информация, конструкторская мысль и практическая смекалка в сплаве с экономическими стимулами способны сотворить технологии на уровне мировых стандартов. Бесплодный спор между практической и фундаментальной наукой прекратится, если признать за любой наукой право на неизведанное, будь то изменение представлений о структуре материи или создание новых материалов. Для истинной науки первостепенным стимулом всегда будет увидеть новое, перешагнуть через уже достигнутые рубежи. Назойливое провозглашение тезиса, что Академия предназначена исключительно для развития фундаментальных наук, не только не оправдано по сути, но и вредно, учитывая кризисное положение страны.

Скорее нужно говорить о другом — об организационной структуре науки вообще и академической в частности. В предельно острой формулировке вопрос можно было бы поставить так: нужны ли вообще узкоотраслевые НИИ, равно как узкоспециализированные ВУЗы и их выпускники? Не являются ли такие институты порождением административно-командного периода, когда они занимались не столько исследованиями, сколько ведомственным «отчетотворчеством», существовали, скорей, для престижа определенного начальственного звена, которое свело инженеров — руководителей производственного процесса до уровня «винтиков».

Разумеется, институт институту рознь, и отраслевые институты бывают самого разного уровня, в том числе и сильные.

По квалификации сотрудников, широте исследований они мало чем отличаются от хороших академических институтов (пример тому Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова). Существенная разница лишь в источниках и размерах финансирования, и здесь преимущество, безусловно, не на стороне академических учреждений. Казалось бы, материальный уровень любого института должен определяться только потребностями государства, промышленности, а не ведомственной принадлежностью. Думаю, что различие в финансировании институтов — это отголосок все той же безудержной милитаризации. Но времена меняются, и новые политические доктрины должны повлечь за собой совершенно новые подходы и в этой области.

Первыми шагами перестройки стали инициативы нашего руководства, направленные на всеобщее разоружение. Налицо неоспоримые успехи, вселяющие надежду на то, что к 2000 г. мир подойдет, не бряцая ядерным оружием. В то же время, наблюдая на экране телевизора, как уничтожаются ракеты средней и меньшей дальности — рукотворные образы научной и технической мысли — испытываешь противоречивые чувства радости за нашу решительность и недоумения. Невольно возникает вопрос: зачем же так примитивно — взрывать и сжигать? Пора научиться считать деньги, преодолеть определенный психологический барьер. За многие годы ученые, работающие по заказам Министерства обороны, отвыкли беспокоиться о своих исследованиях. Не хотелось бы, чтобы разоружение было бы столь же расточительным, каким был в прошлом процесс создания огромного военного потенциала. Ракета, способная преодолевать 1000 км, может войти в верхние слои атмосферы. Когда таких ракет тысячи, они, оснащенные соответствующей аппаратурой, могут принести обширную геофизическую информацию.

В недалеком будущем предстоит сокращение стратегического ядерного вооружения. И что же, опять будем взрывать, преодолевая немалые экологические затруднения, и параллельно сооружая новые «Бураны», «Фобосы» и т. д.? Совершенно очевидно, что ни при каком разоружении невозможно возратить всех денег, потраченных на создание оружия. Долг ученых — подсказать, как вести процесс разоружения с минимальными потерями для народного хозяйства. К слову сказать, процесс конверсии, о котором сейчас так много говорят, ни в коем случае не должен свестись к переключению военных производств на

изготовление, условно говоря, кастрюль. Общество обязано уметь воспользоваться высокой квалификацией и дисциплинированностью людей, занятых в военной промышленности, ее богатым парком современных приборов, большим техническим потенциалом. Консолидация между академическими институтами и «закрытыми» учреждениями военно-промышленного комплекса была бы не только взаимовыгодной, но и экономически целесообразной для всей страны.

Учитывая большое количество высвобождаемых межконтинентальных военных аппаратов, уже сейчас, возможно, настала пора поднять вопрос о прекращении выпуска новых ракет (мирных и военных) для космоса и конверсии соответствующих производств на дела земные. Ввиду сокращения ядерного оружия такого рода подход можно распространить и на производство специфических ядерных материалов. Несколько округляя, можно привести такую оценку. За все время в США на промышленных реакторах и заводах по разделению изотопов произведено около 100 т плутония для военных целей и около 1000 т урана-235 (с концентрацией, близкой к 100 %). Судя по объему ядерного вооружения, немалое количество делящихся материалов накоплено и в СССР. На их производство потрачены десятки миллиардов рублей, а при нынешних умеренных темпах развития ядерной энергетики этих материалов хватило бы не на одно десятилетие. Следовательно, опять можно говорить о полной (или почти полной) конверсии геологических, горнодобывающих, обогащательных, изотопно-разделительных урановых и плутониевых производств.

Не так давно наше правительство объявило о закрытии некоторых предприятий, производящих расщепляющиеся материалы для военных целей. Важно, чтобы эта ценная инициатива не заглохла, а развивалась дальше, до своего логического завершения. Принципиальное достижение состояло бы в полном прекращении производства ядерных материалов для военных целей, включая тритий. Такая акция имела бы исключительное значение в двух отношениях. Во-первых, тритий (как и плутоний) — искусственный изотоп, получаемый только в реакторах. Время его полураспада 12,6 лет. Прекращение его добычи автоматически ведет к исчезновению наиболее совершенных и опасных модификаций ядерного оружия. При том, что на Западе так любят говорить о сдерживающей функции ядерного оружия, никто и никогда не определял необходимый для этих целей ядерный потенциал. Напротив, в безудержной гонке воору-

жений страны накопили десятки тысяч бомб, в то время как десятки, может быть, сотни штук — это и есть тот самый предел, свыше которого ужас разрушений и радиоактивного заражения не может быть приведен ни в какое соответствие с любыми государственными спорами и амбициями. Будь такая концепция оборонительной достаточности принята, накопленного трития хватило бы до 2050 г. Во-вторых, прекращение закрытых производств дало бы возможность поставить все без исключения ядерные предприятия под международный контроль МАГАТЭ, что, в свою очередь, в какой-то степени сблизило бы ядерные и неядерные страны, укрепило бы доверие между ними.

Это особенно важно сейчас, когда после черновильской аварии антиядерные тенденции нарастают как снежный ком и в отношении мирного использования ядерной и термоядерной энергии. Налицо перехлесты. Неприятие достигло настолько больших размеров, что национальных средств доказательства безопасности и целесообразности может оказаться недостаточным и потребуются консолидации усилий разных стран. Возможно, нужно собрать воедино все лучшее, что достигнуто в мировой практике реакторостроения, воплотить это в одном, двух, трех международных проектах и распространить их по миру с единым клеймом и под международным контролем.

Настала пора активно присоединяться к мировому научному сообществу, перенимать у него все лучшее в стиле и методах работы. Новое мышление предполагает глубокое осознание того, что наука по сути своей интернациональна. Неудивительно поэтому, что на Западе столько усилий направлено на облегчение контактов между учеными. Этому способствуют такие современные средства связи, как телефакс и электронная почта, — для нас все еще практически недоступная роскошь. Связаться из Парижа с Сан-Франциско сейчас легче, чем из Дубны с Обнинском. У науки появляется международный язык, для физики — это английский. Но все-таки главное не в том, на каком языке говорит ученый. Важно, чтобы ему было что сказать. Перестройке нужен высокий профессионализм, из которого органично должно вытекать чувство ответственности в решении любых проблем — от научных до межнациональных.

Г. А. Заварзин

Протеобактерии: ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПРИНЦИП В СИСТЕМАТИКЕ ПРОКАРИОТ

Почему эта статья направлена именно в «Природу», хотя журнал обычно публикует вторичную информацию! Во-первых, «Природа» — журнал, посвященный проблемам естествознания и междисциплинарного общения в этой области. Во-вторых, «Природу» добровольно читают люди, сохранявшие интерес к науке, а не в поисках сенсации или отбывания профессиональной повинности. В-третьих, публикация в «Природе» предполагает обобщение, не обремененное техническими подробностями. И последнее, может быть, главное — возможность посвятить ее памяти моего друга и коллеги Игоря Николаевича Крылова, члена редколлегии «Природы».



Георгий Александрович Заварзин, член-корреспондент АН СССР, заведующий лабораторией литотрофных организмов Института микробиологии АН СССР. Основные научные интересы связаны с физиологией микроорганизмов, участвующих в круговороте неорганических соединений, систематикой и экологией бактерий, изучением их сообществ и биоценозов. Монографии — Фенотипическая систематика бактерий: пространство логических возможностей. М., 1974; Водородные бактерии и карбоксидобактерии. М., 1978; Бактерии и состав атмосферы. М., 1984. Коллективная монография: Кальдерные микроорганизмы. М., 1989. Член редколлегии журнала «Природа», его постоянный автор.

ИЗУЧАЯ многообразие организмов, населяющих и населяющих Землю, систематики стремятся создать филогенетическую систему, которая отражала бы генеалогическое родство и общность происхождения организмов, объединяемых в ту или иную группу — таксон. Этой цели служит молекулярная систематика, основанная на сходстве строения биополимеров — ДНК, РНК, белков (за возможность выявить сходство генов ее часто называют гено-систематикой). Одним из наиболее важных достижений гено-систематики считается открытие новой группы микроорганизмов — археобактерий.

Хотя систематика достигла молекулярного уровня, специалисты спорят о принципах построения филогенетических систем. Здесь речь пойдет только о бактериях — группе организмов, которая, как представляется, сейчас наиболее важна для понимания эволюции, потому что бактерии сформировали первую биосферу с устойчивым круговоротом элементов и, следовательно, являются самыми древними земными организмами; на них наиболее глубоко изучены процессы, управляющие наследственностью и изменчивостью.

СЕМАНТИДЫ И СИГНАТУРЫ В ФИЛОГЕНИИ БАКТЕРИЙ

Степень сходства бактериальных геномов сейчас определяют прямыми химическими методами (например, ДНК-ДНК гибридизацией), удастся установить и сходство отдельных генов или их продуктов. Для этого используют так называемые семантиды — универсальные для всех сравни-

ваемых объектов молекулы (ДНК-полимеразы, АТФазы и другие). Удобнее и информативнее других семантид в систематике бактерий считается 16S рРНК (рибосомальная РНК). Последовательности нуклеотидов в ней послужили К. Везе основой для построения нескольких филогенетических схем, в том числе и филогенетического древа бактерий¹.

Бактериологи, которые основывали деление на наиболее крупные группы по строению и составу клеточной стенки, первыми поставили задачу перехода к геносистематике. Эксперты Комитета по согласованию подходов к систематике бактерий в 1987 г. решили: «Идеальная таксономия должна включать одну систему. Единственная формальная всеобщая система не нужна, если общеупотребительное группирование сохраняется для диагностических целей. По общему согласию экспертов, полная последовательность ДНК должна быть стандартом для установления филогении, и она должна определять таксономию. Далее, номенклатура должна согласовываться с геномной информацией и отражать ее. (...) Не должно быть дальнейших установлений иерархических уровней без устойчивых хемотаксономических данных и данных о последовательности в поддержку таких предположений»².

Филогенетический подход, требующий установления критериев для таксономических единиц, был выработан Комитетом только для вида: «Филогенетическое определение видов в общем должно включать штаммы примерно с 70 % ДНК-ДНК сходства и с 5 °С или менее ΔT_m [T_m — температура плавления ДНК-ДНК гибрида]. Оба значения следует рассматривать. Фенотипические характеристики должны согласовываться с этим определением и могут выходить за пределы филогенетического понятия вида лишь в исключительных случаях. Рекомендуется не давать названия отдельным геновидам, которые не дифференцированы от других геновидов на основе какого-либо фенотипического свойства, пока их не дифференцируют по какому-либо

фенотипическому свойству»³ (разрядка оригинала).

Эксперты сочли, что организмы с гомологией ДНК ниже 70 % принадлежат разным видам, а гомологию ниже 50 % вообще не следует принимать во внимание, так как при существующей методике она ненадежна. Относительно рода — основной классификационной единицы морфо-физиологической системы, которая вырабатывалась на протяжении столетия, филогенетический критерий не найден. Признавая, что «роды образуют существенную основу систематики бактерий», эксперты пришли к выводу о необходимости гибкого описания родов. «К сожалению, в настоящее время нет удовлетворительного филогенетического определения рода. Подход к определению родов, как и других более высоких таксонов, может различаться»⁴.

По сути, бактериологи приняли систему, основанную на единственном свойстве — сходстве некоторых рРНК. Обоснование этого выбора в высшей степени произвольно и аргументировано самыми общими соображениями. Все другие признаки рассматриваются как дополнительные, уточняющие, но не определяющие. Поэтому кажется противоречивым заключение экспертов: «По общему мнению членов Комитета, в любых таксономических схемах, основанных на филогении, должна проявляться также фенотипическая согласованность»⁵. Фактически это означает, что осмысленная классификация должна согласовываться с классификациями, основанными на других принципах.

Но вот что примечательно: при полной неопределенности понятия рода в терминах молекулярной систематики группирование бактерий по последовательности нуклеотидов более чем на 90 % совпало с традиционной систематикой родов — лишь немногие роды оказались гетерогенными. Невольно возникает мысль: не кроется ли за этим какое-либо универсальное свойство? Ответ на этот вопрос мне кажется удалось найти, проанализировав *Proteobacteria* — новый класс микроорганизмов, который был формально установлен сразу после совещания Комитета⁶.

¹ Woese C. R. // Microbiol. Revs. 1987. Vol. 51. P. 221—271.

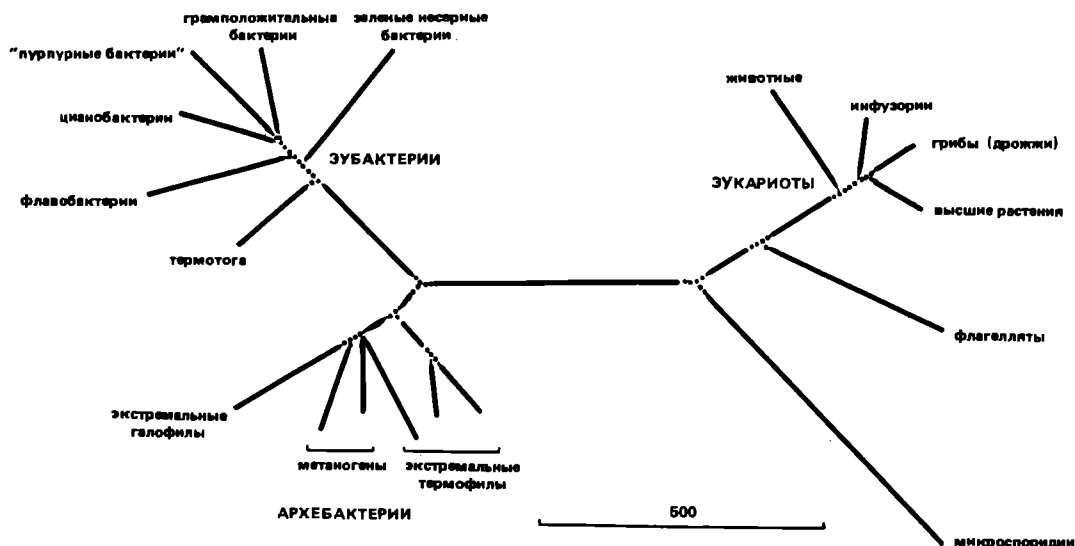
² Wayne L. G., Brenner D. J., Colwell R. R. et al. // Intern. J. Syst. Bacteriol. 1988. Vol. 37. No 4. P. 463.

³ Ibid.

⁴ Ibid.

⁵ Ibid.

⁶ Stackebrandt E., Murray R. G. E., Trüper H. G. // Intern. J. Syst. Bacteriol. 1988. Vol. 38. No 3. P. 321—325.



Древо основных групп живых организмов, построенное К. Везе по последовательностям нуклеотидов в 16S рРНК и перерисованное П. Синтом с целью показать недостоверность, обусловленную выборкой. Штрихом показаны участки ветвей, вероятность ветвления в которых соответствует 50 %. Шкала отражает примерное число различий (в парах оснований) на ветвях. По Синту П., 1989.

В филогенетических схемах эту группу бактерий называли «пурпурными бактериями» и их родственниками», хотя большинство их не пурпурные и не фотосинтезирующие. В соответствии с последовательностями 16S рРНК бактерии были разделены на четыре ветви — α , β , γ , δ , получившие категорию подкласса, но не формальное название.

Если прежде при сравнении олигонуклеотидов применялся коэффициент сходства (S_{AB}), то теперь он оставлен. «Только сравнение полной последовательности 16S рРНК могло бы дать убедительное определение общего происхождения четырех подклассов; другие методы: ДНК-РНК гомология, сравнение последовательности 5S рРНК и каталоги олигонуклеотидов 16S рРНК — не способны привести к разделению на этом уровне»⁷.

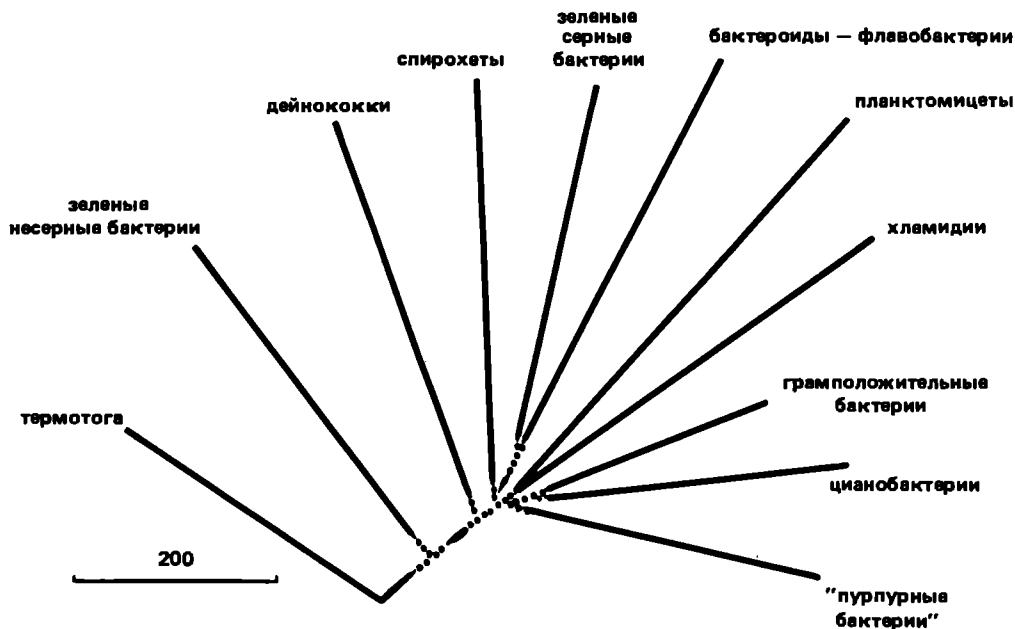
Такое утверждение вызывает недоумение: а почему 5S рРНК не может служить основой для филогенетических построений? Обычный ответ — она слишком мала: $1,5 \cdot 10^2$ пар оснований. против $1,6 \cdot 10^3$ в 16S рРНК. Но каков критерий достаточности?

Ведь и 16S рРНК — незначительная часть генома, содержащего $4 \cdot 10^6$ пар оснований, репрезентативна ли она? Спор не решен. Ситуация осложнена еще и наличием в молекулах рРНК консервативных участков, что необходимо учитывать при построении графов-деревьев. Кроме того, поскольку они строятся посредством математической обработки базы данных из каталога олигонуклеотидов, пропуск какой-либо группы данных может сказаться на топологии деревьев.

АДЕКВАТНО ЛИ ОТРАЖЕНИЕ?

Все ли существенные для построения системы бактерии включены в филогенетический анализ? Естественно, только те, последовательность рРНК которых определена, т. е. коллекционные штаммы. Это привело, во-первых, к заведомой неполноте филогенетического анализа, так как многие микроорганизмы еще не выделены в чистые культуры и, следовательно, не попали в коллекции, но в природе существуют. Во-вторых, — к недостоверности. Молекулярные биологи, определяющие структуры 16S рРНК, работают с любым штаммом или видом, который удается добыть. При таком способе соответствие исследованного штамма типовому, по которому описан вид, может оказаться недостаточно надежным. При этом не учитываются ни внутривидовая изменчивость, ни тем более популяционные закономерности. Наконец, система неполна и может быть искажена потому, что в нее включены только современные бактерии. Правда, мы не можем ни доказать, ни опровергнуть

⁷ Wayne L. G. ... Op. cit.



Древо основных групп эубактерий, также построенное К. Везе и перерисованное П. Снитом. Обозначения те же, что на предыдущем рисунке. По Сниту П., 1989.

утверждения, что могли исчезнуть некоторые группы бактерий.¹

Бактериологи молчаливо принимают, что современные бактерии хорошо отражают все группы, когда-либо существовавшие. Везе и его последователи допускают, что был гипотетический предок — ургенот, но не обращают внимания на возникающее при этом непреодолимое противоречие: общий предок вымер, а вымерших ветвей на древе бактерий нет. В оправдание можно сказать, что общая система живого мира, также созданная на основе сравнения, была построена без палеонтологических данных, которые впоследствии подтвердили ее. По найденным и изученным ныне микрофоссилиям прокариот (почти исключительно цианобактерий) можно судить о неизменности этих организмов в течение доступного обозрению времени, определить же с помощью семантид их генетическое родство (филогению) с другими организмами вовсе не значит установить и эволюционную последовательность возникновения разных групп.

Что же выяснилось по поводу протеобактерий, филогения которых изучена наилучшим образом? Они оказались своеобраз-

ным скоплением родов. «Эта группа относительно быстро эволюционировала с образованием ряда ветвей, включая организмы большого биологического значения, но поражающе различных физиологических свойств» — констатируют авторы нового класса². Добавим, что морфология их так же поражающе разнообразна, общее у них — граммотрицательная стенка. Филогенетическая систематика, как отмечает О. Кандлер, лучше всего согласуется со строением клеточной стенки, но сами систематики считают морфологию бактерий совершенно случайным и не имеющим значения признаком: «Как видно, у сохранившихся до настоящего времени прокариот морфология плохо коррелирует с филогенией, видимо, конвергентная эволюция морфологических характеристик была общей у прокариот»³. И это говорится о цианобактериях с их наибольшим среди прокариот разнообразием! Протеобактерии, пожалуй, не отстают в этом от цианобактерий: даже в маленькой группе сульфидогенов (δ-ветвь) имеются все формы, кроме мицелия, — палочки, кокки, спираллы, трихомы, псевдопаренхима.

Итак, на надродовом уровне систематика, основанная на 16S рРНК, не согласуется ни с морфологией, ни с физиологией. Но

¹ Stackebrandt E. ... Op. cit.

² Giovannoni S. J., Turner S., Olsen G. F. et al. // J. Bacteriol. 1988, Vol. 170, № 8. P. 3590.

кому нужна классификация, согласующаяся лишь сама с собой? Ее обычно называют искусственной. Утверждение членов Комитета, что филогенетические схемы должны согласовываться с фенотипическими построениями, оказалось противоречивым. На это обращает внимание П. Снит — автор нумерической систематики. Он усомнился даже, что филогения есть цель систематики. (И в этом я с ним вполне согласен!) «Первоначальная задача таксономии более прозаична: дать классификацию, полезную для различных научных целей, включая идентификацию, а также (аспект, о котором часто забывают) создать базу данных, суммирующих столько существенной информации, сколько возможно. (...) Если филогенетическое группирование бактерий (основанное на неопровержимых данных) действительно не проявит устойчивой фенотипической согласованности, оно будет иметь мало практического значения. (...) Филогенетическое группирование имеет мало ценности вне ограниченного поля генеалогии»¹⁰. Этим выводом Снит фактически отвечает на тезис Везе «Имеют ли бактерии генеалогии и осмысленную таксономию?» Сравнение последовательностей Снит считает нумерической операцией, а оценив вероятность ошибки при сравнениях, выясняет, что она слишком велика и выводы могут быть недостоверными. Для дарвиновской эволюции величина ошибки пропорциональна квадратному корню из длины ветвей на древе.

Возникла коллизия: с одной стороны, молекулярная систематика дает единственно надежный и простой подход для определения родства бактерий, но с другой — группирование на филогенетической основе оказывается бессмысленным, так как система отражает саму себя.

ЭВОЛЮЦИЯ ВИДОВ ИЛИ СООБЩЕСТВ?

Отвлечемся от филогенетических реконструкций молекулярных биологов и обратимся к эволюционной последовательности возникновения организмов. Очевидно, что паразит не может появиться раньше хозяина, и вообще, чтобы какой-либо организм появился на Земле, должны быть условия его существования.

Аэробные бактерии могли возникнуть только после продуцентов кислорода, т. е. окислительных фототрофных цианобактерий; организмы, гидролизующие целлюлозу, —

после зеленых эвкалиптовых водорослей. Деструкторам органического вещества, безусловно, предшествовали продуценты, но в ходе эволюции потребители могли переходить от одного продуцента к другому, например от эвкалиптовых наземных водорослей к растениям.

По данным палеоальгологии можно проследить основные вехи в развитии биосферы. К счастью, геологическая летопись ископаемых водорослей, в отличие от бактерий, достаточно хорошо прочитана¹¹. Около 1 млрд лет назад появились эвкалиптовые водоросли; в венде (более 0,6 млрд лет назад) — многоклеточные вендотении, описанные М. Б. Гниловской. Цианобактерии, судя по всему сохранившие свой облик до наших дней, существовали уже 2,2 млрд лет назад. Видимо, тогда же развились все микроорганизмы, которые сопровождали цианобактерии, т. е. возникло цианобактериальное сообщество.

Устойчивое сообщество могло существовать только при одном условии — если круговорот хотя бы основных биогенных элементов в нем замкнут. Лимитирующим элементом, вероятно, был фосфор, поскольку углерод и азот цианобактерии могли усваивать из атмосферы, серу — из морской воды, фосфор же — только из выщелоченных горных пород. В сообществе образование органического вещества не могло преобладать над его деструкцией, так как накопление ископаемого углерода повлекло бы за собой увеличение кислорода в атмосфере и система стала бы несбалансированной, неустойчивой.

По неясным причинам микробиологи мало интересуются бактериальными сообществами. Лишь сравнительно недавно объектом бактериологии стали цианобактерии — древнейшие продуценты кислорода и органического вещества — и опять вне связи с другими организмами. Но ведь в их матах при фотосинтезе образуются микрозоны со 100 %-ным содержанием кислорода, и, следовательно, устойчивые к нему аэробные организмы имели условия для развития в сообществе с цианобактериями. Для них не нужна была кислородная атмосфера.

Микробиологи следовали дарвиновской парадигме о происхождении видов и в течение полувека реконструировали последовательность возникновения групп бактерий, исходя только из их физиологии. Эта идея А. И. Опарина восходит к 20-м го-

¹⁰ Sneath P. H. A. // Syst. Appl. Microbiol. 1989. Vol. 12. P. 17.

¹¹ Мейен С. В. Основы палеоботаники. М., 1987.

дам. Он предположил, что сначала возникли гетеротрофные организмы с примитивным анаэробным обменом, использующие абiotенно синтезируемую органику; затем — аэробные и, наконец, — фотосинтезирующие. Эта версия (с разными вариациями) распространилась достаточно широко. Однако в рамках парадигмы В. И. Вернадского, согласно которой необходимо рассматривать эволюцию биосферы, а не ограничиваться эволюцией видов, подобные построения очевидно неверны: не может в биосфере устойчиво существовать монофункциональное сообщество. Устойчивое сообщество полифункционально, организмы в нем теснейшим образом взаимодействуют за счет трофических связей. Поэтому **устойчивое** (именно на этом следует сделать акцент) микробное сообщество нужно рассматривать как эволюционирующую единицу, как «организм». Такой подход не нов, он сформулирован еще в конце прошлого века выдающимся русским микробиологом С. Н. Виноградским¹². Возможность существования устойчивого микробного сообщества накладывает определенные ограничения на филогенетические построения.

Сообщество в принципе полифилетично, и потому ни одна ветвь бактерий не может считаться предковой по отношению к другим¹³. Анализ реальных микробных сообществ, например термофильных или галофильных, показывает, что в них наиболее тесно взаимодействуют (вплоть до образования устойчивых консорциев) филогенетически далекие организмы. Таким образом, требование согласовать филогенетические и фенотипические характеристики — эволюционно неосуществимо.

ПРОТЕОБАКТЕРИИ: ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ВЕТВИ И ТРОФИЧЕСКИЕ ГРУППЫ

Но вернемся к протеобактериям. В их число входят фотосинтезирующие серные и несерные бактерии, которые, казалось бы, могли быть продуцентами в системе. Однако, несмотря на широкие физиологические возможности, несерные бактерии осуществляют фотогетеротрофный обмен и находятся в конце цепи разложения органического вещества. Не выполняют роль продуцентов и серные пурпурные бактерии. Их жизнь зависит от сероводорода, поставляемого сульфидогенными бактериями. В гидротермах,

где есть абиогенный источник сероводорода, они могли бы развиваться самостоятельно и быть первичными продуцентами, однако именно там эти бактерии отсутствуют, потому что среди них термофильных видов нет. Итак, современные фототрофные бактерии, живущие в бескислородной среде, не могут претендовать на роль первичных продуцентов, за исключением организмов, которые обитают в переходных зонах. Единственным бесспорным продуцентом органического вещества среди прокариот оказываются цианобактерии.

При анализе списка родов, составляющих класс протеобактерий, выясняется, что в него вошли аэробные грамотрицательные организмы. Большинство их — строго аэробные, но есть и микроаэрофилы, т. е. способные расти при низкой концентрации кислорода (спириллы); факультативные анаэробные (энтеробактерии и денитрификаторы) и немногие анаэробные (пурпурные и сульфидогенные), которые имеют цитохромы и потому способны осуществлять, как и все перечисленные организмы, окислительный обмен. Но при этом подходе можно отыскать еще одну объединяющую их характеристику, которая проясняет роль протеобактерий в сообществе.

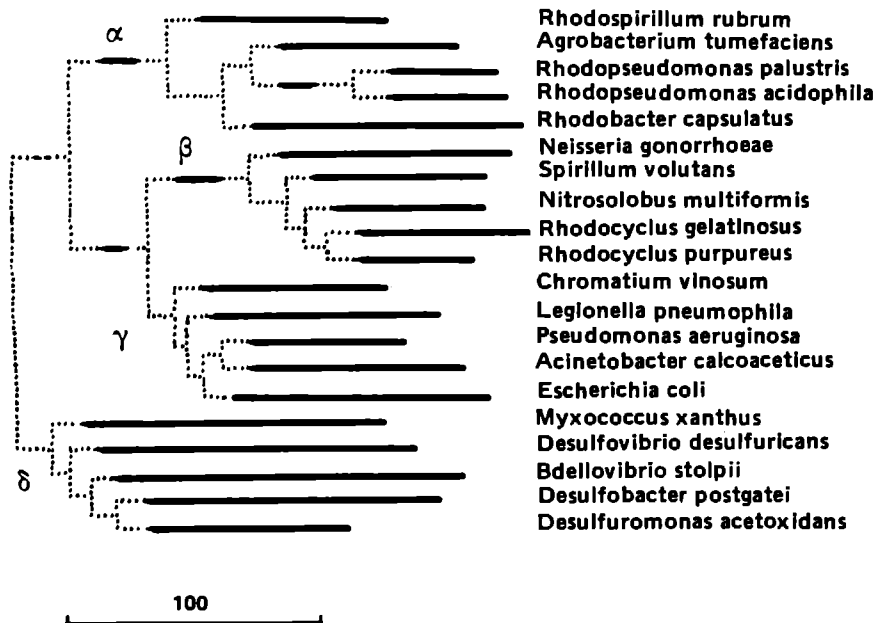
В 1970 г., пытаясь определить роль морфологически своеобразных простеобактерий в природе, я ввел понятие микрофлоры рассеяния¹⁴. Это экологическая группировка организмов, приспособленных использовать минимальные концентрации мономеров, рассеиваемых из мест их образования. Физиологически такие организмы обозначаются как олиготрофы (термин введен М. Бейеринком для организмов, использующих загрязняющие воздух органические вещества). Простеобактерии составляют значительную часть родов α -ветви протеобактерий. Среди протеобактерий почти нет (за исключением миксобактерий) организмов с выраженной гидролитической активностью, значит, субстрат для жизни им поставляют другие. Не являются ли все протеобактерии компонентами микрофлоры рассеяния? Прежде чем ответить на этот вопрос, надо понять, откуда поступают мономеры в микробное сообщество.

К мономерам относятся продукты гидролиза высокомолекулярных соединений некромассы (преимущественно компонентов клеточной стенки); экзометаболиты

¹² Виноградский С. Н. О роли микробов в общем круговороте жизни. // Хемосинтез. М., 1989. С. 22—31.

¹³ Заварзин Г. А. // Микробиол. журн. 1989. № 6. С. 92—99.

¹⁴ Заварзин Г. А. // Журн. общ. биол. 1970. № 31. С. 386—393.



Филогенетическое древо протеобактерий с характерными представителями каждого подкласса. Обозначения те же. По Сниту П., 1989.

(углеводы, окси- и аминокислоты), выделяемые фототрофными организмами и составляющие около 30 % ассимилированной углекислоты; продукты анаэробного распада органического вещества (газы — водород, окись углерода, метан, сероводород; летучие жирные кислоты, прежде всего уксусная), рассеиваемые из анаэробной зоны. Разложить некромассу до мономеров могут только гидролитические бактерии, которых среди протеобактерий нет. Значит, ее разлагают другие члены сообщества.

Принадлежность протеобактерий к микрофлоре рассеяния подтверждает анализ трофических потребностей.

В α-подклассе оказались преимущественно олиготрофы, которые то постятся, то голодают; в β-подклассе — газотрофы (особенно характерен род *Hydrogenophaga*, объединивший водородные и карбоксидобактерии). В этот же подкласс попала группа псевдомонад — организмов, использующих в качестве единственного источника углерода и энергии в основном органические кислоты, хотя они могут потреблять широкий круг соединений. Все перечисленные организмы живут на субстратах низких концентраций.

Сложнее с γ-подклассом (довольно

разнородным). Все его группы тем не менее можно охарактеризовать как копиотрофы. Их яркая экофизиологическая характеристика — режим питания, который описывается как «пир — голодание». Такой режим обусловлен динамикой выделения экзометаболитов: днем они поступают в среду с кислородом, ночью обмен фототрофных бактерий прерывается и в сообществе формируются анаэробные условия за счет потребления кислорода. Именно к таким условиям приспособлен обмен факультативных анаэробных организмов.

В γ-подкласс включены и бактерии, окисляющие соединения серы (некоторые тионовые, бесцветные серные, серные пурпурные). Сюда же, судя по анализу 5S рРНК, проведенному К. М. Чумаковым, можно отнести и группу метанотрофных бактерий, окисляющих метан. Бактерии этого подкласса также используют мономеры, поступающие от других организмов. Одни из них входят в число протеобактерий (сульфидогены δ-ветви, поставляющие сероводород зависимым от серы бактериям), другие представляют самостоятельные ветви, далекие от протеобактерий (метаногенные археобактерии, которые продуцируют метан для метанотрофов).

δ-подкласс невелик, он состоит из компактной группы сульфидогенов, которые восстанавливают сульфаты и серу, потребляя продукты анаэробного разложения органи-

гическими характеристиками тоже нет общего. Ценность филогенетического подхода вообще на этом примере кажется особенно сомнительной.

Сопоставление филогенетических ветвей с трофическими группами не свободно от противоречий. Так, азотфиксирующие бактерии есть во всех ветвях. Более того, последовательности гена азотфиксации (*nif*-гена) археобактерий и протеобактерий сходны¹⁶, гомология одного из его участков составляет 50—60 %. Это указывает на независимость этого признака от синтезирующего белок аппарата. Способность к автотрофии, обусловленная рибулозобисфосфаткарбоксилазой, так же широко распространена среди протеобактерий, как и способность к росту за счет водорода. Но при исследовании карбоксидобактерий оказалось, что этот комплекс признаков связан с *CAR*-плазмидой. *nif*-ген и *CAR*-плазида могут быть генетическими единицами для межвидового переноса и перераспределения, а потому и служить одним из источников несогласованности трофического и филогенетического группирования.

Далее: целые группы родов можно бы отнести к другим трофическим группировкам. Все несерные бактерии экологически объединяются не с олиготрофами α -ветви, а с газотрофами β -ветви, куда относится *Rhodocyclus*. Ризобии и агробактерии α -подкласса явно тяготеют к экзометаболитам растений. Таким образом, трофическое группирование имеет общий характер, описывая скорее тенденцию, чем жесткую связь. Причиной этому может служить и то, что у некоторых ключевых метаболитов — разные источники. Например, водород образуется не только за счет сбраживания органического вещества «первичными анаэробами», но и выделяется цианобактериями при фотосинтезе. Вообще, в сообщество метаболиты поступают из разных источников и обобществляются.

Если попытаться сделать шаг дальше и дать детальную систему, в которой учитывалось бы, на континентах или в морях обитают организмы, являются ли они планктонными или бентосными формами, установление порядка ветвления и группирования окажется еще более неопределенным. Пока филогенетическое соответствие представляется, как на космическом снимке — в виде общей картины, а при приближении детали делают ее нечеткой.

ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНОЕ ПРАСООБЩЕСТВО

На филогенетическом древе зубактерий вырисовывается куст ветвления в области цианобактерии — протеобактерии. Древо зубактерий включает семейство линий из протео- и цианобактерий, грамположительных бактерий и даже спирохет. Все они сходятся в одну область, но порядок ветвления остается неопределенным.

Такое положение можно объяснить тем, что существовало прасообщество, в которое входили и продуценты, и деструкторы. Его ядро могли составлять цианобактерии, протеобактерии и грамположительные бактерии. По числу видов ядро зубактерий намного превосходит все остальные ветви, представленные одиночными видами или небольшими группами родов. В геологической летописи отражено существование одного типа сообщества — бентосного цианобактериального сообщества, образовавшего строматолиты. К сожалению, мы мало знаем о современных им планктонных организмах, поскольку ископаемые одиночные планктонные формы сохраняются хуже.

Геологическая летопись строматолитов протерозоя прослежена достаточно полно, и историю биосферы этого периода можно охарактеризовать как историю цианобактериальных сообществ¹⁷.

Когда же они сформировались? Если судить по сходству строматолитов протерозоя, то цианобактериальный комплекс зубактерий сформировался не позже 2,2 млрд лет назад, а возможно и 3,5 млрд лет назад (строматолиты Южной Африки). Могли ли отличные от циано- и протеобактерий организмы образовать внешне сходные строматолиты?¹⁸ Кроме того, только окислительные организмы могли создать окислительные условия, при которых образуются соответствующие минералы. Именно такие минералы находят в строматолитах.

Довольно четко обозначается и время, когда закончилось исключительное господство цианобактерий — около 1 млрд лет назад. Это время образования компонентов эукариотной клетки — митохондрий и хлоропластов. Митохондрий можно отнести к α -ветви протеобактерий, куда входит

¹⁶ Souillard N., Sibold L. // *Mol. Microbiol.* 1989. Vol. 3. № 4. P. 541—552.

¹⁷ Заварзин Г. А., Крылов И. Н. Циано-бактериальные сообщества — колодец в прошлое // *Природа*. 1983. № 3. С. 59—68.

¹⁸ Walter M. R. *Archaeon Strimatolites: Evidence of the Earth's Earliest Benthos* // *The Earth's Earliest Biosphere, its Origin and Evolution*. Schopf W. (ed.) Princeton; N. Y., 1987.

Paracoccus, дыхательный аппарат которого сравнивают со «свободноживущей митохондрией». Хлоропласты занимают место на филогенетическом древе среди цианобактерий¹⁹.

Итак, согласование филогенетической системы бактерий, построенной по последовательности олигонуклеотидов в 16S рРНК, оказывается возможным посредством экологического подхода, а не морфологического или физиологического.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ГРУППИРОВАНИЕ ДРУГИХ ЗУБАКТЕРИЙ

Нельзя ли этот же принцип использовать для анализа других групп бактерий, чтобы понять, какое место в системе занимают микроорганизмы, оставшиеся вне комплекса цианобактерии — протеобактерии?

Ближайшая ветвь — грамположительные бактерии, из которых по 16S рРНК в нее попали две большие группы: мицелиальные прокариоты с высоким содержанием гуанина и цитозина в ДНК (актиномицеты в широком смысле) и спорообразующие бактерии с низким содержанием этих оснований (аэробные бациллы и анаэробные клостридии с микоплазмами). Заметим, что значение классификации по сумме оснований сильно потускнело. Многие актиномицеты и спороносные бактерии обладают мощными гидролитическими системами и, значит, способны разлагать органическое вещество. Другая их черта — наличие спор и конидий — обеспечивает сохранность в сухой среде и свидетельствует о приспособленности к наземному существованию.

Остальные ветви филогенетического древа представлены немногочисленными группировками, но принцип их объединения вызывает сомнения. Так, в одной группе оказались анаэробные грамотрицательные бактериоиды и флавобактерии, не имеющие между собой ничего общего, и даже скользящие цитофаги, которых ранее объединяли с миксобактериями за сходство по многим признакам. Эта ветвь, как и δ -протеобактерии, — очень странное объединение.

Небольшая группа планктомицетов состоит из типичных планктонных олиготрофов, а ветвь анаэробных спирохет — из микрофлоры рассеяния.

Три последних ветви объединяет способность развиваться в экстремальных усло-

виях. В отличие от цианобактериального комплекса их можно назвать кальдерными (от *caldo* — жара). В первую ветвь включены бактерии рода *Thermus* — обычные аэробные обитатели термальных источников — и дейнококки, один из которых (*Deinococcus radiodurans*) исключительно радиационно устойчив. К «несерным зеленым бактериям» относятся: самые высокотемпературные фотогетеротрофные организмы рода *Chloroflexus* и род *Herpetosiphon*, которые обычны в термальных источниках (впрочем, среди герпетосифонов есть и мезофильные организмы). Последнюю ветвь составляет род *Thermotoga* — экстремально термофильные зубактерии, развивающиеся при 90 °С (примечательно, что они способны гидролизовать целлюлозу).

Таким образом, зубактерии, наиболее удаленные на филогенетическом древе от цианобактериального комплекса, представлены преимущественно **экстремофилами**, т. е. организмами с повышенной скоростью отмирания вследствие внешних причин. Эта категория непрерывно пополняется как новыми членами, так и новыми характеристиками.

Экстремальным термофильным организмам, среди которых много архебактерий (но не все архебактерии — экстремофилы) отводится большая роль в эволюции. Существует гипотеза, что термофилы были первыми обитателями Земли или, по меньшей мере, составляли самостоятельную группу. Умеренные термофилы обнаружены в основании всех ветвей филогенетического древа зубактерий²⁰. Каждый фермент термофилов приспособлен к работе в условиях повышенной температуры, но все термоустойчивые ферменты не могли возникнуть одновременно за счет отдельных мутаций.

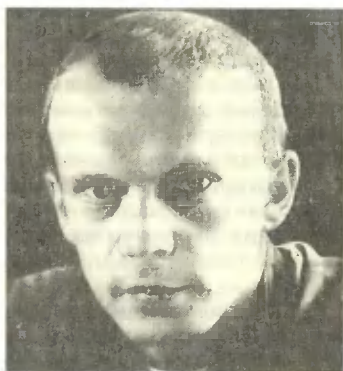
Критический анализ филогенетической системы нового класса бактерий — *Proteobacteria* — и попытка отыскать рациональное зерно в их классификации приводят к выводу, что с филогенетическим подходом лучше всего согласуется экологический принцип. До сих пор он считался искусственным классификационным приемом, но если эволюционирующей единицей считать сообщество функционально взаимодействующих экофизиологических групп микроорганизмов, то именно этот принцип позволяет заметить, что филогенетическая система отражает эволюцию.

¹⁹ Международный кодекс номенклатуры бактерий. М., 1978.

²⁰ Brock T. D. Thermophiles: General, Molecular and Applied Microbiology. N. Y., 1986.

С. В. Аплонов

Геофизические исследования в палеогеодинамике



Сергей Витальевич Аплонов, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Ленинградского отдела Института океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР. Занимается проблемами геофизического анализа палеогеодинамических процессов. В «Природе» опубликовал статью: Обский палеоокеан (1987. № 12).

ПРОЧНО вошедшие в обиход геологов понятия о дрейфующих литосферных плитах, спрединге и субдукции океанического дна, конвективных течениях в мантии и других атрибутах современной геодинамики полностью основаны на геофизических исследованиях — сейсмических, гравитационных, магнитометрических.

Однако, когда речь заходила о поведении плит в геологической истории нашей планеты, т. е. решались вопросы палеогеодинамики, геофизика уходила на второй план, а предпочтение отдавалось геологическим индикаторам — комплексам горных пород, соответствующим той или иной геодинамической обстановке. Отдавая должное этой методике палеодинамических реконструкций, хотелось бы отметить, что геологические индикаторы не всегда доступны и почти всегда малопредставительны. Лишь ничтожную часть литосферы можно наблюдать, а уж о том, как она возникла и развивалась, остается только гадать. Почву же для «гаданий» может дать только геофизика.

Пока геофизические исследования используются в палеогеодинамике явно недостаточно. Причину «недоверия» к ним со стороны ряда специалистов, пожалуй, наиболее ярко высказал известный советский геолог В. В. Белоусов: «...геофизические методы, как правило, не приспособлены к изучению истории процессов: они выявляют современную структуру земных недр и современные процессы, в них происходящие. Эта «сиюминутность» геофизических методов получила соответствующее отражение и в основных положениях «тектоники плит». В силу этого «тектоника плит» чужда геологическому историзму¹. Недооценка исторической роли

© Аплонов С. В. Геофизические исследования в палеогеодинамике.

¹ Белоусов В. В. // Известия АН СССР. Сер. геол. 1984. № 12. С. 57.

геофизической информации, думается, сильно навредила палеогеодинамике и тормозит ее развитие и сегодня. Цель этой статьи — показать, что можно извлечь из геофизических данных для познания геологической истории.

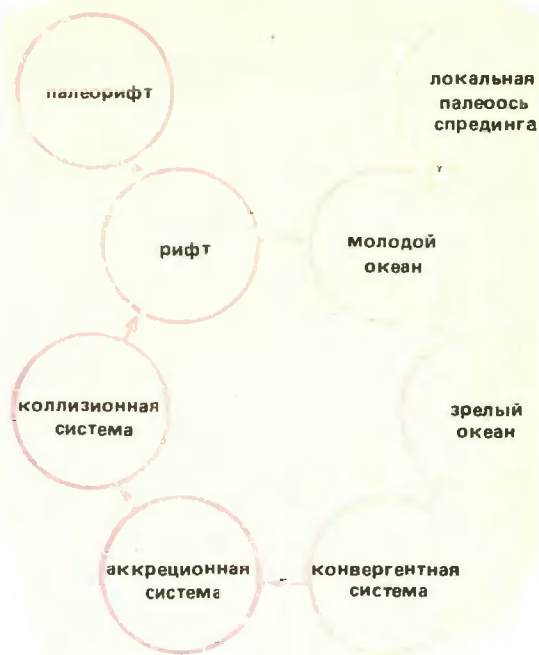
ЦИКЛ УИЛСОНА

В 1966 г. канадский геолог Дж. Т. Уилсон высказал предположение о цикличности тектонических процессов, ставшее впоследствии одной из основ палеогеодинамики. Эволюция литосферы представляется в виде замкнутой цепочки взаимосвязанных и взаимообусловленных геодинамических обстановок, переходящих одна в другую. Эта цепочка получила название цикла Уилсона.

Цикл начинается с раскола континентальной литосферы и образования молодой океанической впадины. Эта впадина в дальнейшем расширяется и впоследствии по периферии обширного (зрелого) океана начинается субдукция — погружение литосферы в мантию, в результате чего появляются островные дуги и активные материковые окраины (так называемые конвергентные системы). Здесь из продуктов переплавления океанической литосферы формируется литосфера континентальная. Возникновение конвергентных систем — свидетельство начала сокращения площади океана. Со временем происходит сначала частичное, а затем полное закрытие (исчезновение) океанической площади, начинаются аккреция (сближение), а затем коллизия (столкновение) островных дуг и континентальных окраин, образуется и расширяется ороген — молодое горно-складчатое сооружение. В определенных условиях коллизионные процессы могут сопровождаться расколом сталкивающихся краев материковых плит, что ведет к регенерации рифтового режима, замыканию старого и началу нового цикла Уилсона.

Цикл имеет два ответвления. Растяжение материковой литосферы может прекратиться до ее полного раскола, в этом случае структура превращается в палеорифт. Если же растяжение прекращается на более поздней стадии молодого океана, то возникает локальная палеооось спрединга. И палеорифты, и локальные палеооси спрединга, как мы увидим в дальнейшем, являются закономерными и широко распространенными элементами литосферы.

Каждой стадии цикла Уилсона присущи не только свои ассоциации горных пород —



Цикл Уилсона, описывающий взаимосвязь и взаимобусловленность переходящих одна в другую геодинамических обстановок.

геологические индикаторы, которыми традиционно пользуется палеогеодинамика, но и свой строго индивидуальный набор особенностей геофизических полей. Бывают случаи, когда даже одна геофизическая аномалия однозначно характеризует тектоническую обстановку. Например, если интенсивность теплового поля составляет сотни единиц теплового потока², то ясно, что измерения проведены в рифтовой зоне океана, где имеет место интенсивный вулканизм, связанный со спредингом дна. Ни в одной другой обстановке такого мощного теплового потока не наблюдается. Если же гравитационные аномалии достигают сотен миллигал — зафиксирован процесс субдукции и связанное с ним нарушение равновесного состояния литосферы. Однако столь резкие геофизические индикаторы — все-таки редкость. Обычно геодинамическую обстановку удается распознать лишь по комплексу геофизических данных, неравнозначных по информативности. При решении задач палеогеодинамики приходится, конечно, иметь в виду, что большая часть геофизических характеристик меняется

² Единица теплового потока (ЕТП) — 10^{-6} кал/см²с = 41,868 мВт/м².

со временем, но наиболее консервативные из них в скрытом виде все же несут информацию о былых эпохах.

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ И ЛОКАЛЬНАЯ НЕСТАБИЛЬНОСТЬ СПРЕДИНГА ОКЕАНИЧЕСКОГО ДНА

Магнитные аномалии океана — один из самых ярких примеров геофизического поля, несущего геосторическую информацию. Общие принципы их интерпретации предложены еще в 1963 г. английскими геофизиками Ф. Вайном и Д. Мэтьюзом и состоят в следующем.

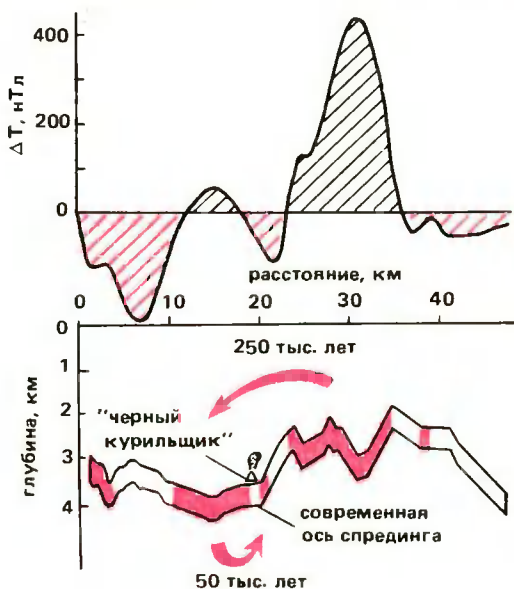
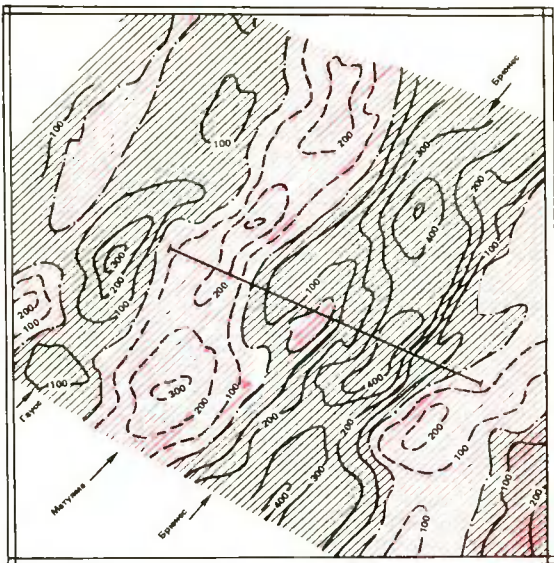
Спрединг океанического дна идет на фоне непрерывных инверсий (смен полярности) геомагнитного поля. Изливающиеся в рифтовой зоне океана базальты имеют сильную остаточную намагниченность, направление которой совпадает с направлением намагничивающего поля. Магнетизм базальтов слабо меняется с течением времени, т. е. по мере их отодвигания от рифта. Этим обусловлена полосовая структура магнитоактивного слоя океана и связанных с ним магнитных аномалий.

Инверсии геомагнитного поля можно датировать по независимым данным, например изучая непрерывные разрезы горных пород соответствующего возраста, скажем, на Кавказе или в Альпах, где они доступнее для наблюдения, чем на океаническом дне. Следовательно, интерпретация магнитных аномалий океана позволяет косвенно оценить возраст его дна, а также скорость спрединга.

Основные особенности магнитного поля Мирового океана проинтерпретированы давно, почти сразу же после появления концепции Вайна — Мэтьюза. Ниже речь пойдет о тонких, локальных особенностях спрединга океанического дна, которые также, оказывается, можно установить, интерпретируя магнитные аномалии.

В 1988 г. на Срединно-Атлантическом хребте вблизи 26° с. ш. работало научно-исследовательское судно Института океанологии АН СССР «Академик Мстислав Келдыш». Экспедиция изучала активные гидротермальные источники — «черные курильщики», обнаруженные недавно в этом районе. Был проведен широкий комплекс геолого-геофизических исследований, в том числе отснято магнитное поле.

Полосовые магнитные аномалии маркируют наиболее молодую часть океанического дна, образовавшегося в течение трех последних палеомагнитных эпох. У магнито-



Локальные особенности спрединга океанического дна на Срединно-Атлантическом хребте, установленные по магнитометрическим данным. Вверху: — изолинии магнитного поля T (нТл) и положение интерпретационного профиля. В середине — изменение магнитного поля ΔT по профилю, а внизу — модель магнитоактивного слоя. Локальный «провал» в центре положительной магнитной аномалии связан со сложной структурой магнитоактивного слоя в рифтовой долине, обусловленной «перескоком» оси спрединга 250 и 50 тыс. лет назад. В результате последнего перескока она оказалась у подножия восточного борта рифта, где обнаружен активный гидротермальный источник — «черный курильщик». Цветное на нижнем рисунке — прямая полярность намагничивания.

логов эти эпохи принято называть именами выдающихся физиков и математиков. Современная эпоха Брюнес имеет продолжительность около 730 тыс. лет, предыдущая эпоха (обратной полярности) Матутяма охватывает интервал 2,48—0,73 млн лет, а еще более древняя эпоха прямой полярности Гаусс — 3,4—2,48 млн лет.

В центре полигона, там, где обнаружены «черные курильщики», осевая магнитная аномалия как бы раздвигается и между двумя ее положительными пиками появляется область отрицательного поля. Это хорошо видно на графике магнитного поля. С чем связана такая необычная структура? Ответ дает моделирование ее источника.

В соответствии с классическим постулатом Вайна — Мэтьюза, осевой магнитной аномалии должен соответствовать сплошной блок прямо намагниченной коры. Но в данном случае источник осевой магнитной аномалии распадается на три прямо намагниченных блока, между которыми «втиснуты» узкие блоки с обратной полярностью намагничивания. Они и создают «провал» в центре осевой аномалии.

Этот результат в комплексе с другими данными позволяет восстановить развитие Срединно-Атлантического хребта в данном районе за последние 730 тыс. лет. Ось его раскрытия не занимала стабильного положения, а скачкообразно смещалась в пределах рифтовой долины. Такое явление получило название джампинга (перескока).

Первый перескок имел место около 250 тыс. лет назад и сместил ось спрединга примерно на 12 км к западу. Около 50 тыс. лет назад произошел еще один перескок, в результате которого ось раскрытия переместилась на 4—5 км уже в восточном направлении и заняла свое современное положение у подножия борта рифтовой долины. Именно в этом месте наблюдателями на глубоководных обитаемых аппаратах «Мир» закартированы выходы наиболее свежих базальтовых лав, а также обнаружены действующие «черные курильщики».

Этот пример извлечения детальной геоисторической информации из магнитных аномалий кроме чисто познавательного имеет прикладное значение. Геологам известно, что «черные курильщики» возникают лишь в непосредственной близости от магматической камеры, где выплавляется океаническая кора. Следовательно, предсказав по магнитным данным местоположение современной и древней осей спрединга, мы одновременно прогнозируем районы современной и древней гидротермальной деятельности, а значит — и места скопления сульфидных руд.

ГРАВИТАЦИОННОЕ ПОЛЕ И ДРЕВНЯЯ ОКЕАНИЧЕСКАЯ ЛИТОСФЕРА В ФУНДАМЕНТЕ ПЛАТФОРМ

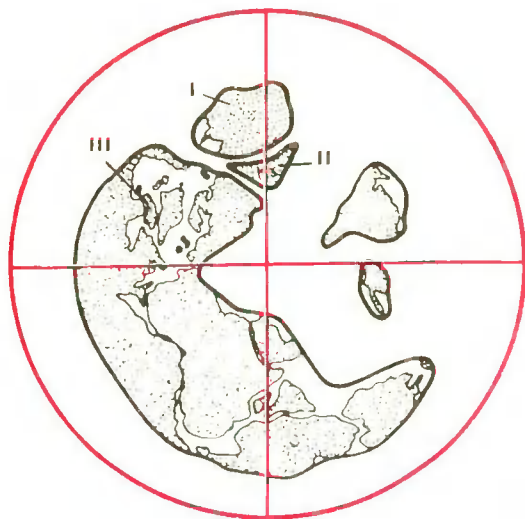
Гравитационные аномалии позволяют судить о плотностных неоднородностях в литосфере, которые, в свою очередь, могут быть обусловлены двумя факторами — ее составом и структурными особенностями. В частности, в платформенных регионах аномалии силы тяжести отражают рельеф погребенного под осадками фундамента, т. е. кристаллических пород, почти всегда имеющих избыточную плотность по отношению к перекрывающим их осадочным толщам. Вместе с тем сам фундамент неоднороден по составу и плотности, что также вызывает гравитационные аномалии. Суммарное поле силы тяжести платформенного региона — результат наложения полей от источников различной геологической природы.

Именно гравитационное поле служит ярким свидетельством коренного отличия двух основных типов литосферы — континентальной и океанической. Первая содержит относительно легкий «гранитный» слой, вторая же целиком состоит из более тяжелых пород базитового ряда. Если учесть структурный фактор (неодинаковое гипсографическое положение континентов и океанов), то сила тяжести над океаном окажется выше, чем над континентами. Это связано с различным составом их литосферы.

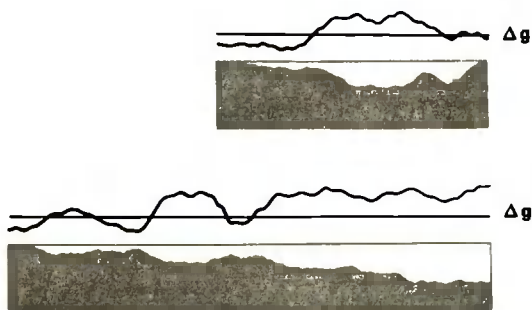
Уже упоминалось, что горно-складчатые сооружения образуются в местах закрытия океанов, сближения и столкновения разобленных ими континентальных и островодужных блоков. Так возникли, в частности, Уральские горы. Это произошло в пермский период, примерно 250 млн лет назад. Отдельные материи соединились в гигантский суперконтинент — Пангею. Столкнувшись, Сибирь, Казахстан и Европа образовали в месте сочленения гигантский тектонический шов, частью которого является Уральская горная система. Кстати, на Урале давно найдены и останцы древней океанической коры — офиолиты, и свидетельства ее поглощения в зонах субдукции — андезитовые вулканические пояса.

За Уралом до самого Енисея простирается гигантская заболоченная равнина — Западно-Сибирская низменность. Есть все основания предполагать, что ее фундамент образовался одновременно с Уралом.

В чем же причина столь сильных структурных различий этих двух регионов? Почему Урал сегодня — горная цепь высотой до 2 км, а Западная Сибирь под осадками — чашеобразная впадина глубиной до 15 км?



Реконструкция позднекайнозойского (250 млн лет назад) суперконтинента Пангея (по Л. П. Зоненшайну и др., 1984). Западная Сибирь возникла на месте сочленения Сибири (I), Казахстана (II) и Евроамерики (III). Поскольку сочленение древних континентов оказалось «неплотным», между ними сохранились останцы океанической литосферы, ныне «впечатанные» в фундамент Западно-Сибирской плиты.



Схематические разрезы верхней части земной коры Западной Сибири — широтный (вверху) и меридиональный (внизу) — и гравитационные аномалии (Δg) над ними. Выступам фундамента соответствуют отрицательные, а впадинам — положительные аномалии, что свидетельствует об уплотнении коры в депрессиях фундамента.

С точки зрения механики ответ на эти вопросы однозначен. Легкая континентальная литосфера не может ни с того ни с сего погрузиться на значительную глубину. Вес многокилометровой толщи осадков — тоже не причина: он способен лишь усугубить, но не вызвать прогибание литосферы. Остается предположить, что горно-складчатое сооружение, которому впоследствии суждено было стать фундаментом Западно-Сибирской

платформы, изначально «отягчалось» какими-то инородными элементами.

С учетом взаимодействия древних континентов, сформировавших северную веть Пангеи, можно предположить, что эти элементы — не что иное, как останцы литосферы древних океанов, некогда разобщавших Европу, Сибирь и Казахстан, не до конца поглощенные в зонах субдукции. Так возникла гипотеза о наличии древней океанической литосферы в гетерогенном фундаменте Западно-Сибирской платформы.

Надо сказать, что эта гипотеза родилась не на пустом месте. И здесь необходимо воздать должное незаслуженно забытым работам советских геофизиков Р. М. Деменицкой, Б. В. Гусева, В. Ф. Игнатовой и М. Л. Верба, еще в середине 60-х годов обративших внимание на аномалии строения и геофизических характеристик фундамента Западной Сибири. Тогда же В. Е. Хаин классифицировал намеченные здесь «безграницные» блоки как останцы коры древних океанов.

Но необходимо пройти путь между качественной гипотезой и количественной оценкой. В результате математической обработки гравиметрических данных удалось дать численную характеристику плотности фундамента. Оказалось, что примерно треть территории Западно-Сибирской платформы — почти всю ее меридиональную внутреннюю часть — занимает область аномально высоких значений плотности фундамента, сопоставимых с плотностью пород базитового ряда. Отсюда следует, что фундамент имеет здесь «безграницный» состав, а литосфера близка по типу океанической.

Генезис древней океанической литосферы, «залечивающей» различные глубокие депрессии фундамента Западно-Сибирской платформы, также различен. Наиболее древняя океаническая литосфера встречается в остаточных впадинах: она сохранилась еще на стадии позднепалеозойской аккреции Европы, Сибири и Казахстана за счет неровности и неоднородности краев сблизившихся континентальных блоков.

Похоже, первопричина тектонической специфики Западной Сибири сводится к тому, что палеозойский цикл Уилсона остался здесь незавершенным, аккреция не завершилась коллизией, как это имело место на Урале и в Зауралье. Фундамент Западной Сибири не стабилизировался до конца, в нем сохранились блоки океанической литосферы, «утяжавшие» регион и, в конечном итоге, обуславившие всю специфику его дальнейшего развития и современной структуры.

Эту незавершенность цикла Уилсона

уместно пояснить примером. Представим себе, что в западной части современного Альпийско-Гималайского горно-складчатого пояса сжатие сегодня вдруг по каким-то причинам прекратилось. Что бы произошло? Весь огромный регион между Африкой и Европой начал бы быстро погружаться и через 200 млн лет перекрытый осадками стал бы фундаментом молодой платформ. И в этом гипотетическом фундаменте альпийские складчатые зоны (например, Карпаты или Кавказ) соседствовали бы с останцами древней океанической литосферы во впадинах современных Средиземного, Черного и Каспийского морей. То есть наблюдалась бы та же картина, которая «просматривается» сегодня под многокилометровым осадочным чехлом Западно-Сибирской платформы.

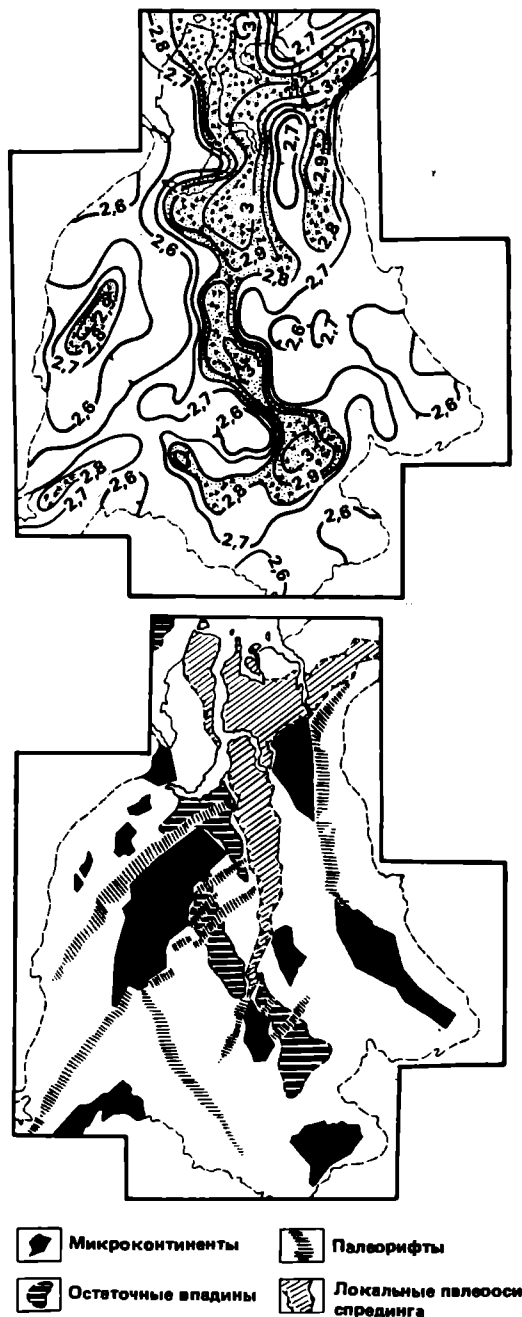
Кроме «остаточной» в фундаменте Западной Сибири присутствует «новообразованная» океаническая литосфера — в депрессиях Обского палеоокеана и Енисей-Ханганского прогиба³. «Безгранитная» литосфера развита также в осевых частях наиболее крупных рифтовых систем Западной Сибири. Формирование всех этих структур стало началом уже нового, раннемезозойского цикла Уилсона, закончившегося побочными ответвлениями, — рифты превратились в палеорифты, а молодые океаны — в локальные палеооси спрединга.

В совокупности остаточные впадины, палеорифты и локальные палеооси спрединга могут рассматриваться как блоки древней океанической (или квазиокеанической) литосферы, «впечатанные» в фундамент Западно-Сибирской платформы.

И вновь уместно подчеркнуть прикладное значение выполненных исследований. Именно области «безгранитной» коры, по последним данным, являются очагами генерации углеводородов⁴. Уникальная нефтегазоносность Западной Сибири — прямое следствие ее специфической структуры и геодинамики. У нас появляется возможность количественной оценки геодинамических процессов — значит, дается новый импульс прогнозу и поискам нефти и газа как в Западной Сибири, так и в геодинамически сходных с ней регионах.

КОСВЕННАЯ ИНФОРМАЦИЯ

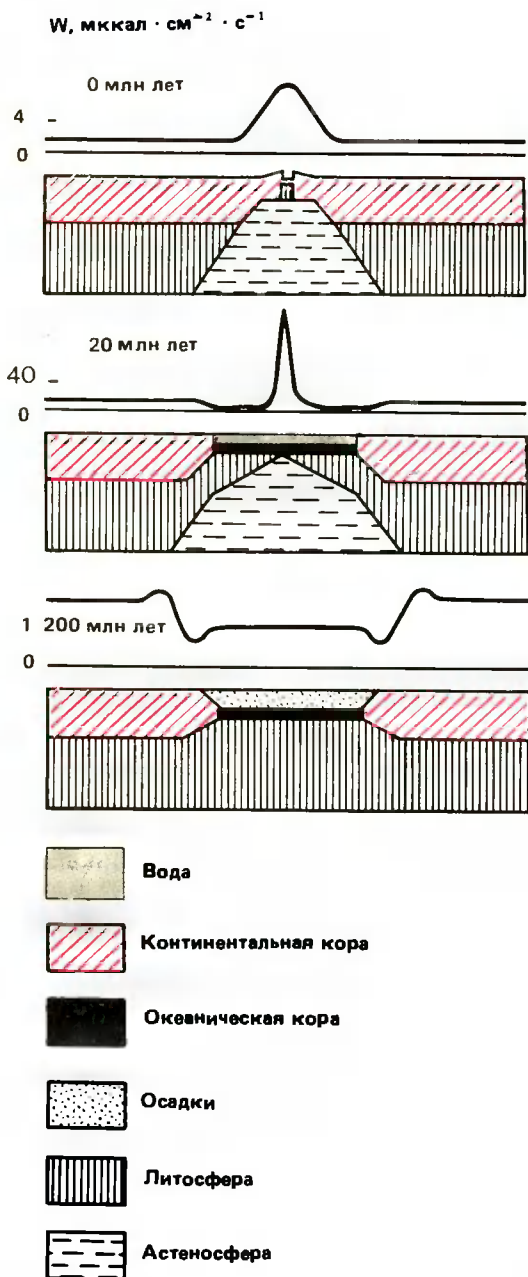
Даже если геофизические поля изменяются в процессе эволюции до неузнаваемости, из них можно извлечь косвен-



Плотность фундамента (г/см^3) Западно-Сибирской платформы (вверху) и основные его структуры (внизу). Заштрихованные на верхнем рисунке области наибольшей плотности, в которых предполагается «впечатанная» в фундамент древняя океаническая литосфера, в основном совпадают с распространением остаточных впадин палеорифтов и локальных палеоосей спрединга на нижнем рисунке.

³ Аппонов С. В. Обский палеоокеан // Природа. 1987. № 12. С. 17—23.

⁴ Артюшков Е. В. Новый подход к поиску нефтегазоносных бассейнов // Природа. 1987. № 8. С. 72—86.



Модели теплового поля W над континентальными (вверху), океаническими рифтовыми зонами (в середине) и локальными палеоосями спрединга (внизу). Если для первых двух тектонических обстановок характерны резкие положительные аномалии теплового потока, то для палеоосей спрединга — его понижение.

ную палеогеодинамическую информацию. Пример такого поля — тепловое, а способ извлечения — моделирование с учетом временного фактора.

Представим себе геологическую структуру, начавшую развиваться как континентальный рифт и со временем ставшую молодым океаном. Аналогом начальной стадии эволюции такой структуры является, например, Восточно-Африканская рифтовая система, а последующей — находящиеся поблизости Аденский залив и Красное море.

Модели, имитирующие эти две последовательные стадии цикла Уилсона, характеризуются сходными по морфологии, но различными по амплитуде аномалиями теплового потока. Над осевой зоной континентального рифта его интенсивность достигает нескольких ЕТП, а над зоной спрединга молодого океана — десятков, а иногда и сотен ЕТП.

Уже отмечалось, что столь высокие значения теплового потока наблюдаются лишь над рифтовыми зонами океана и свидетельствуют об идущем в их пределах спрединге, сопровождающемся интенсивным конвективным теплопереносом.

Глубинное тепло передается на поверхность Земли двумя путями: за счет молекулярной теплопроводности литосферы (кондуктивный тепловой поток) и в процессе движения теплоносителей, например магматических расплавов или газовой-жидких флюидов (конвективный тепловой поток). Величина кондуктивного теплопотока обратно пропорциональна мощности и прямо пропорциональна теплопроводности литосферы.

В океане, особенно вблизи его рифтовой зоны, мощность литосферы невелика. Кроме того, здесь имеет место активная вулканическая и гидротермальная деятельность, обуславливающая мощный конвективный теплопоток. Именно этим объясняется резкая и интенсивная тепловая аномалия над рифтовой зоной океана.

Континентальная литосфера значительно толще, но в ней присутствует «гранитный» слой, лучше проводящий тепло, чем океаническая литосфера, которая состоит из основных и ультраосновных пород. Вдобавок к этому «гранитный» слой сам способен генерировать тепло за счет распада содержащихся в нем радиоактивных элементов. Поэтому в краевых частях океана фон теплового потока даже ниже, чем на континенте.

Теперь представим себе, что растяжение в молодом океане по каким-то при-

чинам прекратилось. Участок «безгранитной» литосферы оказался «впечатанным» в континентальную плиту и перекрытым слоем осадочных пород. Цикл Уилсона дал побочное ответвление: на месте рифта, а затем молодого океана, сформировалась локальная палеооось спрединга. Такой путь прошел целиком Обский палеоокеан в Западной Сибири, а частично — многие малые палеоокеаны, прекратившие свое раскрытие на ранних стадиях — моря Лабрадор, Баффина, Тасманово, Бискайский залив и некоторые другие.

В тепловом поле в зоне локальной палеооси спрединга ничто не напоминает резкие положительные аномалии теплового потока, столь ярко выраженные в континентальных и океанических рифтах. Напротив, уровень теплового поля у этой структуры становится более низким, чем на континенте, причем со временем эта особенность усугубляется. Конвективный теплоперенос здесь отсутствует, а глубинное мантийное тепло экранируется мощным и плохо проводящими его «безгранитной» палеоокеанической литосферой и осадочным слоем.

Таким образом, бесполезно было бы искать в палеорифтах какие-то признаки тепловых аномалий активных рифтов и океанов.

Какие же особенности теплового поля в таком случае можно считать косвенными индикаторами палеорифтового режима? Это, во-первых, зоны регионального уменьшения теплового потока. Во-вторых, на стадии отмирания океана и его превращения в локальную палеооось спрединга появляются ступенчатые аномалии теплового потока на границе континента и палеоокеана. Они объясняются краевым эффектом на контакте литосферы с различной теплопроводностью: «гранитный» слой континента лучше проводит тепло, чем палеоокеаническая литосфера.

Таким образом, геофизический анализ палеогеодинамических процессов универсален. При условии комплексной и качественной геофизической изученности конкретного региона всегда имеется возможность построить его геодинамическую модель, т. е. понять, каким путем, как долго и в какой именно период времени развивалась его литосфера.

Словом, сегодня от традиционной структурно-вещественной интерпретации геофизических полей мы можем сделать следующий шаг — перейти к их палеогеодинамическому истолкованию.

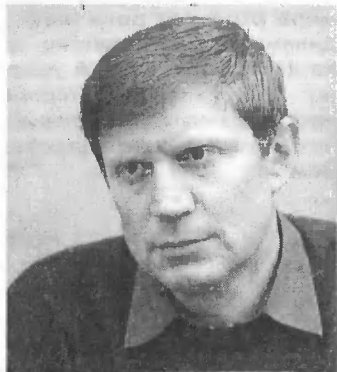
Геофизические поля можно рассматривать как полноправные индикаторы палеогеодинамических обстановок, в которых формировалась литосфера, несущая источники полей. Такой подход может и должен быть реализован в тех обширных областях, где для сколько-нибудь уверенных палеогеодинамических реконструкций катастрофически не хватало, не хватает и не будет хватать в обозримом будущем геологической информации.

Геофизика, как это следует из ее названия, родилась на стыке двух наук, методологический уровень которых несопоставим — у физики он гораздо выше, чем у геологии. Поэтому нужно в полном объеме использовать физический способ мышления при описании и объяснении геологических процессов. В этой связи полезно рассматривать изменение геофизических полей в геологическом времени как функцию возраста и состояния литосферы, несущей их источники. Именно такой подход в полной мере отражает роль геофизики в палеогеодинамике. Его развитие позволит вывести на качественно новый уровень всю проблему региональной интерпретации геофизических данных, дать новый импульс познанию внутреннего строения и развития Земли.

В.Е. Соколов В подводном Ю.Д. Стародубцев поиске — дельфины



Владимир Евгеньевич Соколов, академик, академик-секретарь Отделения общей биологии АН СССР, директор Института эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова АН СССР, заведующий кафедрой зоологии позвоночных биологического факультета МГУ, президент Всесоюзного териологического общества. Основные труды посвящены зоологии, физиологии и экологии млекопитающих, проблемам общей биологии и охраны природы. Один из первых исследователей биологии морских млекопитающих и основоположников гидробионики в СССР. Лауреат Государственной премии СССР (1985).



Юрий Дмитриевич Стародубцев, старший научный сотрудник биологического факультета МГУ. Область научных интересов — изучение расщудочной деятельности и сложных форм поведения животных, один из первых исследователей высшей нервной деятельности дельфинов в нашей стране.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ Мирового океана породило множество проблем, одна из которых связана с подводным поиском. Нефтяники, газовики, строители, электрики, рыбаки ежегодно теряют при проведении работ в прибрежной зоне и открытом море огромное количество дорогостоящего оборудования и материалов. Нередко пропадают результаты многодневных трудов, например, при прокладке подводных нефте- и газопроводов, кабельных линий, подводном бурении и т. д. Водолазный поиск утерянных объектов малопроизводителен, особенно, если отсутствуют их точные координаты; кроме того, с увеличением глубин все больше ограничивается время работы человека под водой из-за угрозы кессонной болезни и азотного отравления.

Как замечает крупный американский специалист в области биологии морских животных Ф. Г. Вуд, «природа не создала человека для деятельности под водой... В противоположность людям дельфины и прочие морские млекопитающие, погружаясь в глубины моря, почти не ощущают всех этих трудностей»¹. Вот почему в 60-х годах нашего столетия американские исследователи приступили к экспериментам с морскими млекопитающими (из отрядов ластоногих и китообразных), позволившим «наметить пути, как сделать их помощниками людей, стремящихся проникнуть под воду»². Многие исследования проводились с животными из семейства дельфиновых — атлантической афалиной, косаткой, гриндой.

Задача обнаружения под водой утерянных предметов была одной из первых, которую решали американские ученые. Вуд в своей книге останавливается на трудностях в разработке методики поиска подводных объектов, создании маркировочных приборов, которые дельфин мог бы устанавливать возле найденных предметов; опасениях, что животные могут уйти при работе в открытом океане. Не пересказывая содержа-

© Соколов В. Е., Стародубцев Ю. Д. В подводном поиске — дельфины.

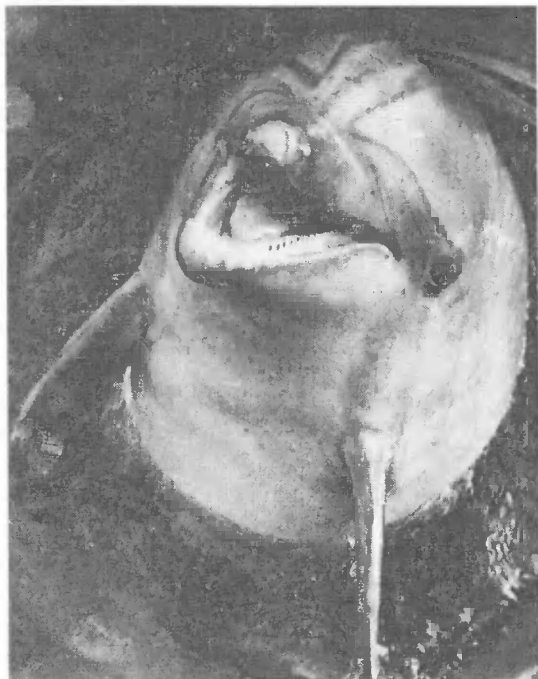
¹ Вуд Ф. Г. Морские млекопитающие. Л., 1979. С. 126.

² Там же. С. 127.

ния книги, отметим, что найденный исследователями способ использования морских млекопитающих основывался на предварительном оснащении объекта поиска акустическим маячком. Ориентируясь по исходящему от него звуку, дельфины и морские львы обучались нырять к такому озвученному предмету и сбрасывать возле него маркировочное устройство, снабженное всплывающим буйком, который был соединен линем с остающейся на дне частью. Так выполнялась важнейшая часть подводного поиска — установление места нахождения потери. Подчеркнем, что в случае выхода маячка из строя попытка отыскать предмет, как указывает Вуд, заканчивалась неудачей.

Действительно, очень трудно найти в открытом море на глубине десятков метров скрытый толщей воды и ничем себя не обнаруживающий предмет. Трудно, но, может быть, не для дельфинов, обладающих способностью к эхолокации? Задавшись этим вопросом, мы приступили к исследованиям, в которых попытались установить, можно ли использовать черноморских дельфинов афалин (*Tursiops truncatus ponticus*) для поиска в открытом море затонувших неозвученных объектов. (Наряду с авторами статьи в работе участвовали Ан. В. Пуговкин, Е. М. Стародубцева, Ал. В. Пуговкин и другие.) Прежде всего надо было представить, как будет осуществляться поиск, какие требования необходимо предъявлять к животному, какой должна быть схема выполнения задачи.

Разрабатывая схему, мы решили, что дельфин будет работать в условиях «свободного поведения», т. е. без ограничений в перемещениях и действиях, в частности, без поводка. Траекторию движения свободно плывущего дельфина при обследовании района поиска было решено задавать с помощью небольшого плавсредства — катера или надувной мотолодки. Мы полагали, что дельфин, обученный плыть за плавсредством, окажется способным искать утерянные объекты, обследуя дно с поверхности воды. Мы предполагали обучить его сигнализировать об обнаружении потери нажатием на рычаг, установленный на катере, постоянно находящемся в движении во время поиска. Получив сигнал, планировалось остановить катер, снарядить дельфина маркирующим устройством и отправить в самостоятельное плавание к найденному предмету, чтобы обозначить его всплывающим буйком. Затем дельфин должен был подплывать к катеру за поощрением. Потом можно было либо возвратиться с ним к месту его содержания, после чего животное должно было зайти в свою плавучую вольеру, либо продолжить

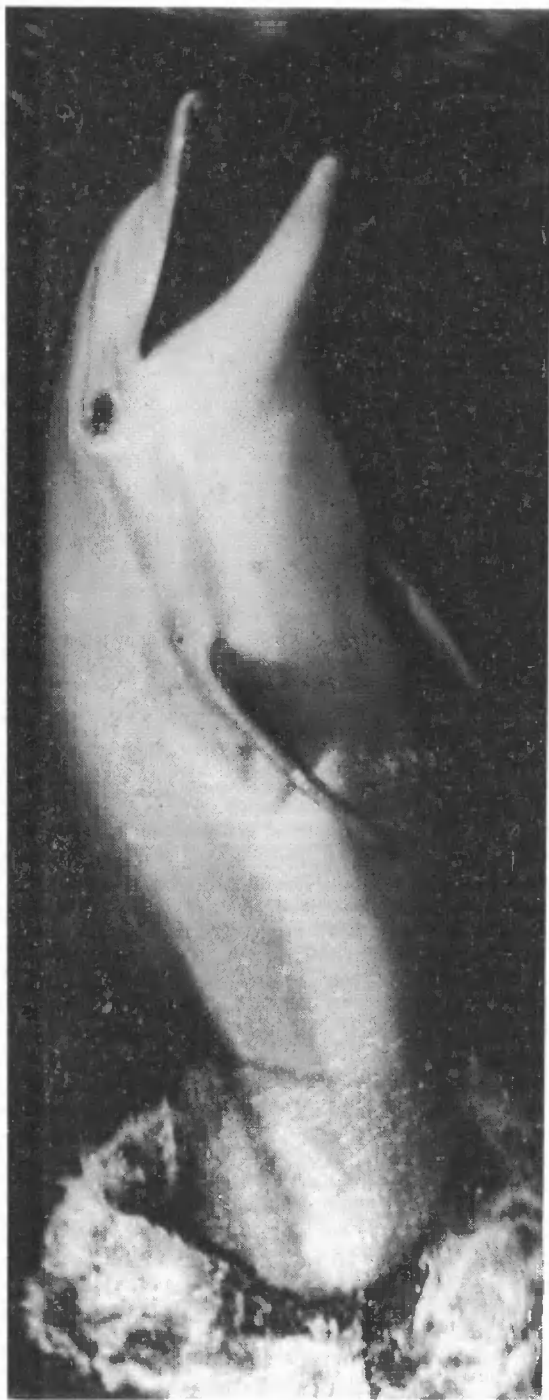


Один из учеников.

поиск.

При реализации приведенной выше схемы выполнения задачи мы могли полагаться на возможность выработки у дельфинов необходимых реакций, основанных на пищевом подкреплении (вознаграждении) требуемых действий, и последующего объединения их в определенную систему. Согласно взглядам И. М. Сеченова и И. П. Павлова, в основе сложных форм поведения человека и животных лежат цепи рефлекторных реакций. Сеченов представлял структуру ассоциаций как «непрерывный ряд касаний конца предыдущего рефлекса с началом последующего», а Павлов, развивая это положение, указывал, что в цепных рефлексах «конец одного рефлекса есть возбудитель следующего»³. Учитывая сказанное и основываясь на известных способах экспериментального формирования цепей двигательных рефлексов у животных в лаборатории, мы разработали структуру сложного навыка, который предполагалось выработать у дельфина. Такой навык представляет собой последовательность, цепь двигательных актов

³ Сеченов И. М. Избр. произв. Т. 4. М., 1952. С. 88; Павлов И. П. Полн. собр. соч. Т. 4. М.; Л., 1951. С. 25.



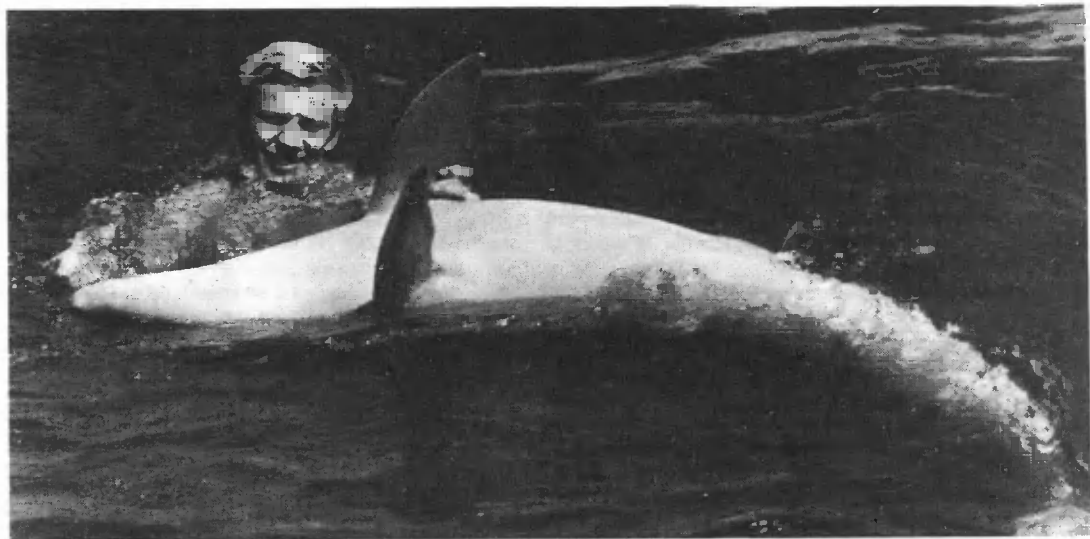
Дельфин просит рыбу.

животного (взаимодействующего с находящимся в плавсредстве тренером), состоящую из 11 элементов. Чтобы добиться четкой, безошибочной работы при пищевом подкреплении его действий, очень важно давать вознаграждение в нужные моменты и правильно дозировать его количество.

Перед началом экспериментов требовалось подготовить и проект методик обучения животных. Сложнее всего было разработать методические приемы формирования у дельфинов целенаправленной реакции постоянного обследования значительной площади дна. Если бы вместо дельфина подводный поиск осуществлял человек, ему можно было дать инструкцию: «Плывя за катером, постоянно обследуйте с помощью имеющихся возможностей (эхолокация, слух, хеморецепция, зрение и т. д.) поверхность дна по обе стороны от траектории движения плавсредства. Не отвлекайтесь на посторонние предметы, находящиеся на дне; заметив что-то похожее на объект поиска, удостоверьтесь, не ошиблись ли, и только после этого информируйте о находке, нажав на сигнальный рычаг». Но животное не может пользоваться инструкцией, его необходимо научить поиску.

Не останавливаясь на методических подробностях приемов обучения животных, отметим, что, завершив эту часть работы, мы не знали, смогут ли животные выполнять всю намеченную программу. Не было сомнений, что у дельфинов удастся сформировать сложные двигательные рефлексы, однако для успешного решения задачи от животных требовался и определенный уровень развития элементарной рассудочной деятельности (по Л. В. Крушинскому), т. е. «способности улавливать простейшие эмпирические законы, связывающие предметы и явления окружающей среды, и возможности оперировать этими законами при построении программ поведения в новых ситуациях»⁴. Один из них — закон неискисаеваемости предметов. Применительно к нашим исследованиям это означает следующее: дельфин обнаруживает на дне утерянный объект, после чего должен подать сигнал об обнаружении и надеть необходимое снаряжение для последующей маркировки. На это требуется время, за которое даже при небольшом ветре или течении катер и животное смещаются относительно найденного объекта, и он может оказаться закрытым от дельфина неровностями дна, обломками каких-

⁴ Крушинский Л. В. Биологические основы рассудочной деятельности. М., 1986.



Отдыхают и тренер, и животное.

либо сооружений и т. п. В этом случае задача может быть выполнена, если дельфин обладает способностью «улавливать» закономерность существования предмета, не воспринимаемого непосредственно в данное время, более того, самостоятельно двигаться к «исчезнувшему» объекту и обогнуть преграду, чтобы сбросить возле него маркировочный буюк.

Кроме того, не было полной уверенности, что животное сможет успешно работать в новых условиях; например, привыкнув находить предметы в хорошо известном районе, отыскивать нужные объекты и в незнакомых местах. Возникал и вопрос о возможности ухода обученного дельфина при работе в открытом море, особенно при контактах с дикими сородичами. Кроме перечисленных основных вопросов перед нами стояла масса других, и только в эксперименте можно было получить на них ответы.

Приступив к обучению нашего первого дельфина Бурана подводному поиску, в специальных экспериментах на других черноморских афалинах мы проверили, обладают ли они необходимым уровнем развития рассудочной деятельности. Испытанные по одному из тестов, афалины хорошо экстраполировали направление движущегося раздражителя после его исчезновения за преградой. Перед дельфином, находившимся напротив звуко- и светонепроницаемой шир-

мы, в расположенном посередине окне мелькала приманка, которая затем «пропадала» за левой или правой половинами ширмы. Афалины отыскивали приманку, устремляясь в нужную сторону и огибая ширму по кратчайшей траектории⁵. Это придало уверенности в успехе решения и основной задачи.

Любой человек, общавшийся с домашними животными, замечал, насколько различаются они скоростью обучения, склонностью к играм, к общению с людьми и т. д. Буран не отличался выдающимися способностями к обучению. Тем не менее удалось сформировать у него все необходимые навыки и добиться четкого выполнения требуемой последовательности действий. Самое главное, он смог обучиться и активному, целенаправленному обследованию дна при движении за катером по поверхности воды, охватывая широкую полосу грунта на значительной глубине по обе стороны от траектории движения.

Окончательный ответ на вопрос о возможности использования черноморской афалины для поиска утерянных неозвученных объектов мы получили, усложнив испытания: во-первых, провели работу в новых районах открытого моря; во-вторых, использовали в качестве объекта поиска незнакомые предметы вместо металлических труб, имитировавших фрагменты газо- или нефтепроводов в прежних экспериментах. Оказалось, что дельфины действительно способны произ-

⁵ Флесс Д. А., Стародубцев Ю. Д., Крушинский Л. В. // Доклады АН СССР. 1987. Т. 293. № 5. С. 1269—1273.

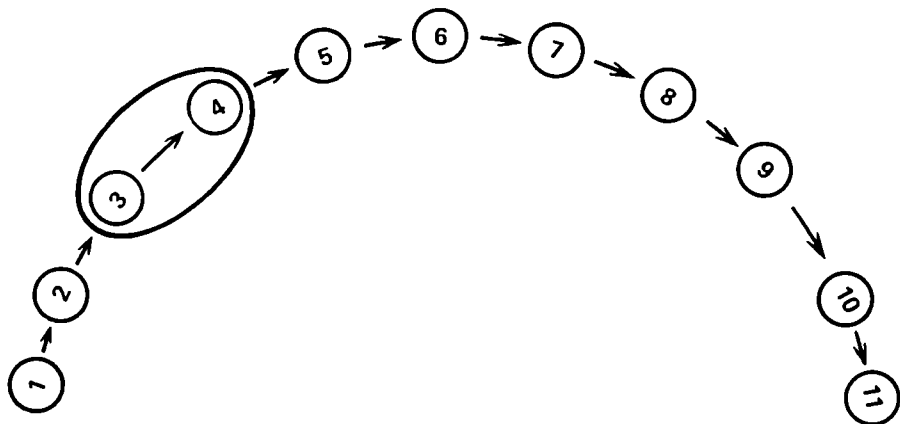


Схема выполнения дельфином подводного поиска. 1 — надевание сбруи (ременного «бандаж», охватывающего тело животного) в вольере; 2 — выход в открытое море; 3 — следование за плавсредством (в район поиска и в районе поиска); 4 — обследование района поиска; 5 — подача сигнала об обнаружении объекта нажатием рострумом (удлиненной частью морды) на рычаг; 6 — надевание маркирующего устройства, снаряженного бумом, и прикрепление его к сбруе; 7 — самостоятельное следование к обнаруженному объекту и его маркировка; 8 — возвращение к плавсредству и снятие разряженного маркирующего устройства; 9 — следование за плавсредством к вольеру; 10 — заход в вольеру; 11 — снятие сбруи. Элементы 3 и 4 объединены, так как их выполнение при поиске неразделимо: элементы 1, 6, 8, 11 осуществляются при непосредственном контакте животного с тренером. Знаком «+» отмечены элементы, после выполнения которых дельфин мог получить подкрепление — одну или несколько рыб.

водить подводный поиск в различных ранее не обследовавшихся районах, при этом могут обнаруживать и обозначать и новые предметы. По-видимому, в обнаруженном незнакомом объекте животное способно выделять существенные признаки (например, материал, форму и т. д.) и, отвлекаясь от второстепенных (размера, окраски и т. п.), относить его к разряду искомых, т. е. совершать переход от единичного к общему. В дальнейшем, в специальных исследованиях выяснилось, что дельфины могут решать весьма сложные задачи, требующие способности к обобщению по выделенным существенным признакам при абстрагировании от других признаков⁶.

За несколько лет работы дельфинов в условиях «свободного поведения» мы убедились в их способности успешно производить поиск утерянных объектов даже при длительном пребывании в открытом море.

При этом афалины не предпринимали попыток безвозвратно исчезнуть в морских просторах. Однако до сих пор одним из наименее изученных остается важнейший вопрос о последствиях встречи обученного дельфина с дикими собратьями. Смоделировать такую ситуацию практически невозможно, а от соответствующих данных во многом зависит и направленность дальнейших исследований, и практическая реализация уже достигнутых результатов.

Нам неоднократно приходилось работать в ограниченном районе, где одновременно находились несколько обученных афалин, выполнявших различные задачи. Это не оказывало существенного влияния на животных — чаще всего у нашего дельфина появлялась лишь так называемая ориентировочная реакция — он на короткое время отходил от катера.

Иногда во время работы с Бураном в открытом море случалось видеть диких афалин и азовок (морских свиней, *Phocoena phocoena relicta*), которые держались на расстоянии около километра. На поведении нашего дельфина их присутствие никак не сказывалось.

Буран уже несколько лет проработал в открытом море, когда, наконец, встретился с «дикарями». Завершив очередной поиск, он вслед за катером возвращался к вольере, никаких отклонений в его поведении не отмечалось. И в самом начале выполнения элемента «возвращение домой» не было ничего необычного. Но немного позже Буран, чрезвычайно редко уходивший от плавсредства, неожиданно и резко отклонился от курса метров на 30, а затем исчез из поля зрения экипажа. Скорость движения катера была снижена, чтобы дельфин мог догнать его. В этот момент тренеры обнаружили стадо афалин, показавшееся в 150—

⁶ Флэсс Д. А., Стародубцев Ю. Д., Стародубцев Е. М. // Материалы Всес. конф., посвящая 80-летию со дня рож. Л. Г. Воронина. М., 1988. Ч. 1. С. 233—234.

200 м со стороны открытого моря. Один из дельфинов, довольно крупный, плыл за кормой метра в 70 и сначала экипаж принял его за Бурана, однако вскоре тот был замечен у борта катера, почти под днищем. Дикий дельфин отстал, когда до вольеры оставалось около 300 м. Буран же стремительно подплыл к вольере и без команды сходу зашел в нее.

Как оказалось, вскоре после выхода Бурана появление диких афалин заметили сотрудники, работавшие в вольере с другими дельфинами. Следовательно, все это время он безошибочно работал в присутствии «дикарей».

В последующие годы мы проводили исследования в акватории, удаленной на десятки километров от места обучения дельфинов. Это позволило неоднократно наблюдать за поведением Бурана и другого дельфина по кличке Ритм при их контактах со стадом диких афалин численностью около 20 особей, на участке обитания которых проводились наши работы. Ритм безошибочно выполнял задание, в его поведении не было даже ориентировочных реакций, хотя, случалось, отдельные афалины приближались к катеру на 10—15 м. Буран при контактах с дикими афалинами, ненадолго прервав работу, резко уходил в сторону стада, но потом возвращался и продолжал ее без видимых аномалий в поведении.

Только однажды, возвращаясь к месту содержания и уже подходя к вольере, Буран вдруг замесался под днищем катера и бросился к приближавшемуся стаду диких афалин, проплывавших мимо вольеры. Присоединившись к стаду, он проплыл с ним около полукилометра, затем отстал и начал проявлять беспокойство: нырял, словно челнок перемещался вправо и влево перпендикулярно направлению движения стада, но не следовал за ним. Когда катер направился к Бурану, тот с большой скоростью устремился навстречу, а потом поплыл рядом с ним к вольере. По мере приближения к ней, Буран несколько раз останавливался и высывался из воды, выпрашивая рыбу, но в вольеру зашел самостоятельно, без специальной команды.

Эти первые наблюдения не дают оснований для категорических выводов о последствиях встречи обученного дельфина с дикими. В естественной среде обитания поведение при таких контактах может быть весьма разнообразным, так как зависит от целого ряда факторов, например от индивидуальных особенностей животного, его физиологического и психического состояния, степени обученности и времени содержания

в неволе. По-видимому, могут оказать влияние и характер взаимоотношений с другими обученными дельфинами, находящимися в одной вольере в месте проведения исследований; общая продолжительность и частота контактов с дикими; взаимная адаптация дельфинов; состав стада диких животных и их физиологическое состояние; сезон, погодные условия; сильные внешние помехи и т. п. В связи с этим необходимо иметь в виду, что встреча с дикими сородичами всегда таит в себе некоторую непредсказуемость, особенно в периоды проявления половой доминанты, когда инстинкт продолжения рода становится определяющим в поведении животных.

Вместе с тем результаты экспериментов доказывают достаточную эффективность работы дельфинов при контактах с дикими морскими животными. Риск ухода подготовленного животного со стадом сородичей представляется не очень значительным, если учесть наличие у высокоорганизованных млекопитающих изолирующих механизмов поведения, поддерживающих существование сообщества. Один из них — сопротвление иммиграции чужаков (пример — преследование Бурана крупным диким дельфином). Существуют и объединяющие механизмы, заставляющие членов сообщества находиться вблизи друг от друга. К таким сформированным человеком сообществам принадлежат, по-видимому, объединенные в вольерах обученные дельфины. Удаление животного от своей группы, своего сообщества вступает в противоречие с объединяющим механизмом. Существенным обстоятельством, препятствующим уходу обученных животных, является и перестройка способов добывания пищи, ставящая животных в полную зависимость от человека. Иллюстрацией этого может служить поведение Бурана.

Таким образом, был получен ответ и на последний из основных вопросов о возможности использования черноморских афалин при работах в открытом море.

В заключение отметим, что способность дельфинов к элементарной рассудочной деятельности, абстрагированию и обобщению, а также продолжительному выполнению выработанных действий позволяют рассчитывать на решение в дальнейшем разнообразных хозяйственных задач. Настоящим помощником может стать не жестко запрограммированный биоробот, а существо, проявляющее адаптивное поведение в неожиданно меняющихся условиях работы.

Полосатая гиена: были и небылицы

В. Н. Толчий,
Т. Г. Бондаренко
Николаев

МАЛО какому зверю не повезло так, как гиене. О ней сочиняли разные небылицы, одна другой невероятнее, ни внешность, ни активная жизнь под покровом сумерек и ночной темноты, ни своеобразный рацион не вызывали симпатий. Пугливый нрав был превращен в трусливость, а питание падалью обросло пугающими подробностями: голодная гиена нападает на скот, таскает овец прямо на глазах людей, а сила ее так велика, что труп человека она уносит вскачь. Сообщалось, что в некоторых местностях гиены заходят в селения и уносят детей, ночью нападают на одиноких путников, спящих и ослабленных людей¹. Правда, все это относилось к одному из четырех видов семейства гиеновых — пятнистой гиене, обитательнице Южной и Восточной Африки. Не мудрено все же, что и другие гиены наделялись отнюдь не лучшими качествами.

Мы расскажем о своих наблюдениях за жизнью полосатой гиены (*hyaena hyaena*) в Николаевском зоопарке, ставшей редким зверем отечественной фауны.

Наше знакомство с ней состоялось в январе 1985 г., когда к нам прибыла пара молодых животных из Таллиннского зоопарка. За пять лет тесного общения с гиенами разного возраста мы убедились, что это крайне осторожные и пугливые животные: прежде чем подойти к чему-либо незнакомому или

выбраться из укрытия, они долго принимают и приглядываются.

Каждая наша гиена — индивидуальность с непохожими на других чертами характера. Пятилетний самец, выросший на искусственном вскармливании, до сих пор остается ручным, очень привязан к нам, охотно общается. Но его сестрица, тоже выкормленная из рук, очень осторожна, недоверчива, порой агрессивна. А их дочь спокойна и доброжелательна, но не стремится к человеческой ласке.

Когда гиены не возбуждены, они издают кряхтяще-крякающие звуки, губы их растянуты в подобие улыбки, уши опущены в стороны. Но стоит гиене испугаться, как ее грива из грубых длинных волос (до 20—25 см) вздымается от затылка до основания хвоста, а сам хвост становится похожим на ерш. Грива — хороший индикатор настроения этих животных. По природе своей гиены легко возбуждены, поэтому часто и без видимых причин между ними возникают стычки с обоюдными угрозами, к счастью редко переходящие в настоящую драку. Прекращаются они так же внезапно, как начались, через несколько минут после потасовки звери уже могут мирно отдыхать в одном логове.

Но бывают и серьезные драки: с громким, подобным рыку, надтреснутым криком животные яростно кидаются друг на друга, мощными зубами вцепляются в морду один другому (или другой, это явно не турнирные бои, так как в схватках участвуют и самки), хватают за задние конечности, рвут в клочья мягкие длинные уши, ко-

торые у взрослых имеют довольно потрепанный вид. Такие сражения в неволе, где слабый не может спастись бегством, могут кончиться трагически, если вовремя не вмешаться.

Гиены живут одной семьей, пока потомки не достигнут половой зрелости, после чего родители становятся агрессивными к детям одного с ними пола и изгоняют их со своей территории. У наших самок первая течка приходилась на 15-месячный возраст, в 20 месяцев они были способны к оплодотворению; половозрелость самцов наступала в два года; по литературе, половой зрелости полосатая гиена достигает в три-четыре года.

Как формируются супружеские пары в природе и долго ли они сохраняются — мы не знаем, но в зоопарках часто возникает необходимость создавать пары по своему усмотрению. При этом приходится соблюдать максимум осторожности, тратить много времени, чтобы партнеры привыкли друг к другу, и быть в постоянной готовности принять срочные меры, если звери в навязанном нами знакомстве проявляют нетерпимость.

Но вот по «сердечной ли привязанности» или по нашему желанию пара образовалась, и самка покрыта. Беременность длится 91—93 дня, но, чтобы она закончилась благополучно, самке нужно создать условия, устранить все факторы беспокойства. Особую предосторожность приходится соблюдать в последние три недели перед родами, когда будущая мать становится чрезвычайно возбужденной и даже агрессивной. Мы пробовали снимать излишнее возбуждение, скормив ей по 0,1 г аминазина в день. Самка действительно стала спокойнее, роды прошли благополучно, и мы исключили аминазин. Она кормила щенков, но с каждым днем становилась все агрессивнее и на 18-й день загрызла одного из двух новорожденных (без аминазина она уничтожала щенков в первые же дни). Второго пришлось отобрать и выкармливать искусственно.

Причина столь ужасной агрессии — безусловно фактор беспокойства. Сведений о биологии полосатой гиены очень ма-

© Толчий В. Н., Бондаренко Т. Г.
Полосатая гиена: были и небылицы.

¹ Энциклопедический словарь. Т. VIII. СПб., 1893. С. 776—777.

ло, нет литературы и о размножении гиен в зоопарках СССР (публиковать подробные сведения о работах, которые проводятся в этих учреждениях, фактически негде). Мы не знаем, как повлияет аминазин на потомство, но собираемся экспериментировать — попробуем давать транквилизаторы и после родов.

Сезонности размножения у этого вида нет, самка может быть оплодотворена в любое время года, но роды все же чаще приходятся на весну — лето. Если новорожденные погибают, через две недели самку снова можно покрыть. В неволе это позволяет получать по два помета в год от одной самки, нужно лишь сразу после родов отнять щенков.

«В отличие от собак и почти всех других наземных хищников детеныши гиены появляются на свет с открытыми глазами и уже умеют бегать. У них есть почти все резцы и четыре клыка длиной 0,5 см. При рождении детеныши бывают густо-черного цвета и только через полтора месяца светлеют, начиная с головы»². Не новая ли это легенда? Ничего похожего нам не доводилось видеть, хотя мы приняли в зоопарке не одни роды. Щенки полосатой гиены рождались слепыми, с закрытыми слуховыми проходами и окраской точь-в-точь как у взрослых. Только на 6—9-й день открывались глаза, на 14-й — слуховые проходы, формирование ушной раковины заканчивалось к месячному возрасту. На 17-й день у щенков начинали прорезаться резцы, на 51-й — клыки, на 63-й — хищнические зубы. Смена зубов начинается с шести и заканчивается к 14 месяцам.

Масса новорожденного щенка в среднем составляет 600 г, а длина тела — 26—29 см. Через три недели масса удваивается, к полугоду достигает 17 кг, к годовалому возрасту — 32. Через четыре месяца после родов у самки заканчивается лактация, и щенки переходят на питание разнообразной пищей.

Шестерых из 12 родившихся в зоопарке детенышей нам пришлось выкармливать из



Трехмесячный щенок полосатой гиены.

Фото Б. М. Рыбакова.

рук. Первые два дня жизни мы давали щенкам коровье молоко, немного разбавленное отваром ромашки, затем — цельное молоко, с трехнедельного возраста переходили на жидкую манную кашу, в которую добавляли яйца, творог, витамины и другие ингредиенты. С двух месяцев в рацион вводили вареное мясо, постепенно приучали щенков к пище взрослых, а она довольно разнообразна — 10 наименований животных и растительных кормов. Однако больше всего наши гиены — признанные падалишки в природе — любят молоко, яйца, сочные и сладкие плоды. Случается ли гиенам полакомиться

так на воле, или это пристрастие возникает в неестественных условиях и для нормальной жизнедеятельности деликатесы не нужны? Ответа нет, так как неизвестны физиологические особенности полосатой гиены, а то, что известно, на поверку оказывается искаженным.

Так, слывет гиена обладательницей резкого, неприятного запаха. Но нам не приходилось зажимать нос, общаясь с этими животными, — запах лисы, волков, гиеновых собак для человека и резче, и неприятней, гиенового. А запах играет громадную роль в жизни зверей, служит им для общения, обозначения охотничьих владений. Кстати, гиены, эти сумеречные животные с большими, чем у дневных хищников, глазами, ориентируются прежде всего за счет обоняния и слуха, а не зрения.

У полосатой гиены есть

² Алиев Ф. Ф. Гиена // Крупные хищники. М., 1976. С. 147.



Один ласкается, другая настороже.

Фото Т. Г. Бондаренко.

источник запаха — крупная парная железа, открывающаяся над анальным отверстием. Она начинает функционировать еще у щенков с первого дня их жизни. У них секрет железы прозрачен, по консистенции похож на слизь, желтоватого цвета и без запаха. Секрет, выделяемый взрослыми, консистенцией и цветом напоминает сливочное масло, но запахом обладает, хотя и слабым. Химический состав секрета мы не изучали, так как не смогли растворить его ни в воде, ни в спирте, ни в смеси неорганических кислот.

Не обошлось без ошибок и с этой железой. А. Брем в своей замечательной книге «Жизнь животных» написал, что у полосатой гиены во время возбуждения выворачивается прямая кишка, и это мнение сохранилось на долгие годы. В действительности же выворачивается не прямая кишка, а

анальная железа: она становится длиннее на 5—8 см, в диаметре достигает 5 см. В возбуждении или отмечая свою территорию, гиена как бы охватывает железой какой-нибудь предмет и оставляет на нем довольно значительное количество секрета. Такими химическими писменами животные метят одно и то же место.

Полосатая гиена — жительница теплых краев. В прошлом она населяла южные районы Кавказа и Средней Азии — встречалась в пустынных и полупустынных предгорьях с сухими руслами рек, промоинами и оврагами, а также в невысоких опустыненных горах, поросших можжевельником и фисташкой, в тугайных лесах и прибрежных низинах с высокой травой и кустарниками. Оказалось, она на удивление легко переносит суровые зимы за пределами природного ареала. В нашем зоопарке гиены живут в открытых вольерах, где даже убежища не утеплены, но и при —28°С они остались абсолютно

здоровы (эти звери вообще мало болеют). Сохранить тепло в морозы, видимо, помогает густой подшерсток, который отрастает после осенней линьки и полностью выпадает в середине лета (во время второй линьки), так что через редкие жесткие волосы просвечивает кожа.

Полосатые гиены — хорошие землекопы: пара двухлетних животных за несколько дней в песчано-глинистом грунте вырыла почти двухметровую нору, из которой им приходилось вытаскивать крупные камни. Нору они использовали как укрытие, а на краткий отдых устраивались в специально вырытых ими же неглубоких ямах-лежаках.

Передавигаются гиены иноходью.

Численность полосатой гиены в нашей стране никогда не была высокой, в последние же годы стала катастрофически снижаться, на некоторой части бывшего ареала животное исчезло совсем. В Закавказье в



Между матерью и дочерью, когда та стала половозрелой, возникают серьезные ссоры.

В конце 70-х годов обитало на более 150—200 гиен, общая численность в Средней Азии не установлена. Причины снижения численности — сокращение мест обитания из-за сведения тугайных лесов, распахки и мелиорации пойменных земель, а также уменьшение поголовья диких копытных. Гиена занесена в «Красную книгу СССР», охраняется только в заповедниках.

Сохранению ее могли бы способствовать зоопарки, в ко-

торых можно подробно изучить биологию животного, научиться размножать, чтобы этот единственный представитель семейства гиеновых в отечественной фауне не пополнил число исчезнувших видов и не разделил судьбу туранского тигра и гепарда. Казалось бы, для зоопарков в этом нет никакой трудности, ведь гиены содержатся в них издавна. Но, к сожалению, успехами в размножении здесь похвастать не могут: в 30-х годах были пометы у гиен Ташкентского зоопарка, в 70-х — Ереванского. Сейчас полосатая гиена размножается в

Таллинском зоопарке и в нашем. А вообще всего 12 зоопарков страны содержат гиен, в прошлом году их было 29—14 самцов и 15 самок. Чтобы поддержать вид, размножая животных в неволе, нужно знать качества производителей и потомков, т. е. нужна племенная книга, в которой содержались бы сведения о всех гиенах зоопарков. Но этого пока нет, как нет и печатного органа, в котором работники зоопарков могли бы обмениваться опытом, а не изобретать всякий раз велосипед заново.



ИЗУМРУД

Т. Б. Здорик,

кандидат

геолого-минералогических
наук
Москва

СОЧНАЯ зелень изумруда — талисмана рожденных в мае — сродни зелени трав и свежей листвы. Плиний Старший, римский естествоиспытатель, отдавал, однако, предпочтение зелени драгоценного камня: «... на зеленую траву и листву мы смотрим с вожделением: на изумруды смотрим еще гораздо охотнее, бесспорно нет ничего более зеленого, чем они. Кроме того, при созерцании драгоценных камней глаза наслаждаются, но не насыщаются. И даже зрение, утомленное другими предметами, вновь обретает свою ясность при взгляде на изумруд... при длительном разглядывании они становятся как бы крупнее, словно окрашивая воздух вокруг себя»¹.

В Египте изумруд относили к числу камней Изиды, могущественной богини плодородия, покровительницы домашнего очага. Египетские жрецы предписывали беременным женщинам непременно носить изумрудный амулет и класть его потом в колыбель младенца. А индейцы племени муисков, одни из первооткрывателей богатейших месторождений колумбийских изумрудов, верили, что прекрасные зеленые камни являются... предками их рода. О громадном изумруде, хранившемся в столице инков Теночтитлане, во дворце правосудия, сообщил завоеватель Мексики Эрнандо Кортес. Основание камня было якобы размером с

© Здорик Т. Б. Изумруд.

¹ Lenz H. O. Mineralogie der alten Griechen und Römer. Wiesbaden. 1966. S. 164.

2-сантиметровый кристалл изумруда. Колумбия (месторождение Мусо).

ладонь и, по мнению аборигенов, он позволял определять степень виновности подсудимых².

В Средние века, когда никто не сомневался, что драгоценные камни влияют на здоровье и мир ощущений человека, могут содействовать успехам или предостеречь от неудачи, словом, во многом определяют судьбу, изумруд признавался одним из самых могущественных талисманов. Считалось, что этот зеленый самоцвет гарантирует своему владельцу талантливость и внешнее изящество, внушает ему чувство собственного достоинства, такт, великодушие. Особенно почиталась способность изумруда одаривать человека красноречием: речь его владельца приобретала убедительность, правдивость и искренность, исчезали в ней язвительность и колкость. Более того — считалось, что изумруд обостряет проницательность и даже наделяет предвиденьем. Но это лишь некоторые грани его могущества.

Изумруд всегда был желанным, как камень радости и веселья, надежды и замечательной гармонии души. Его считали лучшим подарком новообращенным. Сохраняя атмосферу юной любви и укрепляя взаимные чувства супругов, изумруд якобы имел таинственное свойство раскалываться при нарушении одним из любящих верности. Незаменим он был и на войне: в сражении приносил победу, спасал от засады. Сохраняется в Средние века и восходящая к античности вера в способность изумруда врачевать зрение, излечивать эпилепсию.

Наивно? Антинаучно? Но ведь то, что сегодня кажется нам клубком суеверий, для человека Средневековья выражало незамутненную веру в книжную премудрость и могучие силы природы.

Наиболее популярным сочинением о камнях в Европе

² Гарсиласо де ла Вега. История государства инков. М., 1964.

Кристаллы изумруда в полости кальцитового прожилка (длина большого кристалла 2,6 см). Колумбия.



XI—XII вв. был лапидарий епископа из Рена (Бретань) Марбод Ренского под названием «Поэма о геммах или драгоценных камнях» — достойный образец дидактической латинской поэзии. Вызвавшее множество подражаний сочинение Марбоды во всем, что касается фактов, опиралось, вероятно, на Плиния и другие античные тексты или заимствовалось из более ранних средневековых лапидариев.

Близка по времени книга о камнях другого выдающегося философа и ученого-энциклопедиста аль-Бируни (973—1048), жившего в Средней Азии, «Собрание сведений для познания драгоценностей». Она содержит данные не менее чем о сотне различных веществ и среди них о 36 минералах и их разновидностях. Бируни был значительно ближе к минералогии и геммологии в их современном понимании, нежели его европейские коллеги. Он славен еще и тем, что одним из первых, если не первым, ввел в минералогию не только точное наблюдение, но и число — меру.

Именно Бируни изобрел и стал применять прибор для гидростатического взвешивания драгоценных камней. Он определил плотность всех известных тогда минералов, и в том числе изумруда. По Бируни, он равен 2,75, по современным данным — 2,67—2,77.

Бируни первый пишет и о газовых включениях «И сколько бы в нем [камне] ни было воздуха, при нагревании он будет расширяться, раздвигаться и раскалывать камень, ища выхода. И таков же изумруд. Когда его разламывают, то внутри его видны дольки или же вместо них что-то иное (очевидно, речь о поликристаллическом строении минерала. — Т. 3.). И только редкость его сохраняет его цену, несмотря на этот недостаток»³.

Все свойства, положенные камню, чтобы числить его в разряде драгоценных, у изумруда налицо. Удивительно сочный, стойкий, ему одному присущий цвет, блеск, прозрачность, твер-

дость (хотя она значительно меньше, чем у алмаза и рубина, но позволяет долгие годы сохранять огранку). Шестигранная столчатая форма природных кристаллов изумруда столь изысканна, что в древности изумруд лишь слегка шлифовали по естественным граням, чья их совершенство: казалось, самой природой он создан как драгоценность.

Минералоги относят изумруд к обширной и довольно распространенной в земной коре группе бериллов. Изумруд — драгоценная зеленая разновидность берилла. В этой семье минералов есть у изумруда «благородные» родственники, тоже образующие прозрачные кристаллы, такие как зеленовато-голубой аквамарин, солнечно-желтый или оранжевый гелиодор, спаржево-зеленый (цвета шартреза, как говорят геммологи) благородный берилл.

Химическая формула бериллов, в том числе и изумруда — $\text{Al}_2\text{Be}_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$. Чистые, беспримесные бериллы, состоящие из окислов кремния, алюминия и бериллия, бесцветны. Изумрудная окраска появляется, когда хотя бы один из 2,5 тыс. атомов в структуре берилла заменится хромом.

Как же хром «окрашивает» изумруды? Из школьного курса химии мы помним, что в Периодической таблице элементов Менделеева с ростом атомной массы, как правило, достраивается внешняя электронная оболочка. Однако у большинства тяжелых металлов, к ним относится и хром, формируются более глубокие уровни при незаполненных внешних. Для «перескока» электронов с внутренних орбит на внешнюю расходуется энергия солнечного света, ведь атомы переходных металлов (в том числе хрома) способны поглощать часть световой энергии. Следовательно, спектр света, который прошел сквозь кристалл, содержащий такие металлы, изменится. При этом изменения зависят не только от количества ионов хромов, но и от их положения к структуре минерала.

Количественный подход к изучению цвета минералов, их спектров поглощения и причин окраски — достижение по-

следних десятилетий. У истоков этих работ, начатых в нашей стране в 50-е годы, стояла С. В. Грум-Гржимайло. Ныне наибольшие успехи достигнуты в Институте геохимии и физики минералов АН УССР в лаборатории А. Н. Платонова.

Геммологи знают, что изумруды разных месторождений несколько различаются оттенками: колумбийские — слегка голубоватые, африканские и наши уральские — теплые, слегка желтоватые, их цвет ближе зелени растений («теплоту») придает им незначительная примесь железа, а камни из не столь давно открытого в Бразилии месторождения Салинinha яркие — их цвет усилен присутствием помимо хрома еще одного хромового — ванадия.

Есть и другие загадки изумруда, к решению которых удалось приблизиться лишь недавно. Почему, например, изумруды встречаются гораздо реже, чем другие минералы группы берилла?

В 1964 г. на Мадагаскаре был найден один из самых крупных в мире кристаллов — 18-метровая шестигранная призма берилла с поперечным размером 3—3,5 м (это близко к размеру колонны Большого театра). Однако самый большой — высота 0,5 м, вес около 100 кг — кристалл прозрачного аквамарина, найденный в Бразилии, гораздо меньше — с небольшой бочонком. Наибольший кристалл ювелирного изумруда можно сравнить лишь с бокалом — высота его не превышает 16 см. Эти масштабы: «колонна — бочонек — бокал» отражают соотношение между всеми бериллами, в частности между голубым прозрачным бериллом — аквамарином и благородным хромсодержащим бериллом — изумрудом.

Открытие геохимических ассоциаций — одного из центральных понятий геохимии — позволило объяснить такое соотношение масштабов. Оказалось, что большая группа элементов (Si, Al, K, отчасти Na и их более редкие спутники — Be, Li, Cs, Sn, W, Mo, Bi и др.) тяготеет к породам, связанным с гранитной магмой. Минералы, в которые входят эти элементы, в большинстве своем кислород-

Аль-Бируни. Собрание сведений для познания драгоценностей. Л., 1963. С. 157.

ные соединения, образующиеся в земной коре. Глубже, где зарождаются основные и ультраосновные породы, концентрируются Fe, Mg, Ti, Cr, Pt, Ni, Co, V и др.

Даже из этой схематичной картины видно, что Be, Al, Si — главные «кирпичики», необходимые для образования бериллов, и хромофоры, придающие им цвет изумруда (Cr, V, Fe), как правило, разобщены в пространстве: Be тяготеет к кислым породам, а Cr и V — к ультраосновным и основным. Бериллий и хром, необходимые для образования изумруда, вместе встречаются в природе не часто: они возможны в тех немногих районах, где гранитный слой сравнительно тонок и богатые хромом мантийные породы подходят близко к поверхности.

Одно из таких месторождений — изумрудные копи Урала, открытые в 1831 г., как водится, случайно. Нашел зеленые камешки в корнях вывороченного пня смолокур Максим Кожеников, а определил в нечаянной находке уникальный самоцвет командир Екатеринбургской гранитной фабрики Яков Васильевич Каковин. За 100 лет, т. е. к 30-м годам нашего века, из изумрудных копей Урала было извлечено (по данным А. Е. Ферсмана) не менее 15 т самоцветов¹.

В вертикальном разрезе рудное поле изумрудных копей напоминает театральные кулисы: почти параллельные структуры прерываются и вновь продолжают, не пересекаясь. В плане отдельные рудные тела и их группы вытянуты в прерывистую цепочку вдоль восточного склона Уральских гор. В северной части каждой такой цепочки преобладают пегматитовые жилы, к югу их сменяют слюдитовые тела, сложенные серебристо-серой или коричнево-зеленой слюдой — флогопитом.

Размеры слюдитовых рудных тел с изумрудами обычно не превышают 50—100 м в

длину и сотен метров в глубину. Изумруд распределен в слюдитах неравномерно: в слюде обнаруживаются то крупные (от 0,5 до 1,5 м в поперечнике) гнезда кристаллов, то округлые желваки величиной до 30—40 см, «обжатые» слюдой, то одиночные призмочки кристаллов. В гнездах кристаллы часто вытянуты вдоль сланцеватости, а в желваках они расположены беспорядочно или образуют лучистые розетки.

То, что изумруды встречаются на Урале только в слюдитах, подметил еще их первооткрыватель Коковин. Знали это и уральские горщики. Издавна была подмечена и другая примета: изумруды чаще всего встречаются в «нежных» (эластичных, мягких, серебристо-белых или слегка зеленоватых) слюдитах с включениями белой вязкой глины, а «грубые» (буроватые, массивные) слюдиты, как правило, изумрудов не содержат.

Первым, кто попытался разобраться в этом с позиции геохимии в минералогии, был Ферсман. Увлеченный замечательными природными объектами — негматитами, он распространил свою теорию пегматитообразования и на содержащие изумруды слюдитовые тела.

В отличие от обычных гранитных пегматитов, изумрудносные слюдиты, по Ферсману, — это пегматиты линии скрещения, т. е. геологические тела, возникшие при внедрении гранитной магмы в древние ультраосновные породы. Вблизи их контакта контрастные геохимические особенности гранитной и ультраосновной магм как бы скрещиваются и образуются тела, сложенные темной, богатой магнием слюдой. К ним-то и приурочены изумруды.

Идея о взаимодействии при образовании изумрудносных слюдитов двух разных геохимических сред оказалась весьма стойкой. Ее подтверждают почти все известные в мире месторождения изумрудов. Однако сама концепция генезиса изумрудов, выдвинутая Ферсманом, потребовала пересмотра.

Принципиально иной взгляд на происхождение изумрудных копей Урала сложился на рубеже 50—60-х годов. Суть новой идеи А. А. Беуса и

А. И. Гинзбурга состояла в том, что по геохимическим и минералогическим особенностям изумрудные копи ближе не к пегматитам, а к грейзенам. Если пегматиты кристаллизуются непосредственно из остаточного расплава гранитной магмы, насыщенного парами и газами, то грейзены образуются благодаря переработке уже имеющихся твердых пород: по трещинам и порам между зернами минералов проникают в эти породы горячие растворы, пары и газы. Действуя на первичные минералы, они разрушают их, а на их месте из жидкой или газообразной фазы кристаллизуются новые минералы, и среди них, как на Урале (в особом типе грейзенов), драгоценные темно-зеленые изумруды.

Изумрудносные слюдиты, по этой концепции, от обычных грейзенов отличаются очень сильно. Детально идею о высокотемпературной переработке ультраосновных пород применительно к изумрудным копиям Урала разработал А. И. Шерстюк в 60-х годах.

Итак, загадка происхождения изумрудов, казалось бы, разгадана: они возникают там, где соприкасаются гранитная магма (несущая бериллий) и основные породы (богатые хромом). Это справедливо почти для всех известных месторождений — от тех, что открыты при фараонах, до последних находок в Индии, африканских странах, Австралии или Болгарии. В большинстве этих месторождений изумрудносные грейзены возникают там, где гранитные пегматиты или кварцевые жилы пересекают измененные ультраосновные породы. Впрочем, в специфических условиях изумруды встречаются иногда и в самих пегматитах, на контакте пегматитовых жил и основных пород.

Есть, однако, группа месторождений изумруда в Колумбии, где не найдено пока никаких магматических пород: ни гранитов, ни ультраосновных. Вероятно, об этом не стоило и говорить, если бы... из колумбийских месторождений не добывали сегодня до 90 % всех ювелирных изумрудов мира, притом изумрудов высокого качества, не менее 15 % из них составляют камни экстра-класса.

¹ Недавно на Уральских изумрудных коях (Малишевское рудоуправление) найдена уникальная друза из 20 прозрачных кристаллов изумруда. Общая масса кристаллов — 9 тыс. карат.



Радиально-лучистый сросток кристаллов бледно окрашенного изумруда. Урал.

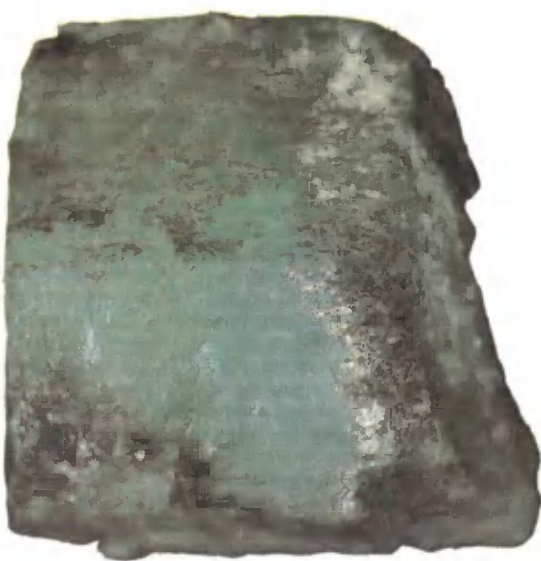
Фото М. А. Богомолова.

Все известные колумбийские месторождения изумрудов (не менее восьми копей) находятся в Восточных Андах, в 50—150 км от столицы Боготы, и группируются в полосу шириной 50—70 км, протянувшуюся с юго-востока на северо-запад больше чем на 100 км вдоль серии крупных тектонических разломов. Горы сложены молодыми осадочными породами, которые возникли из осадков теплых морей, плескавшихся здесь всего каких-нибудь 70 млн лет назад и, судя по обилию органики в черных глинистых сланцах и известняках, богатых животными и растениями.

Изумрудоносные слои в Колумбии, со слов изучавшего местные месторождения А.А. Беуса, называют «капас буэнос» («хорошие слои»). В них, в полных белоснежных прожилках кальцита или доломита, резко контрастирующих с черным фоном вмещающих пород, нередки и яркие изумруды. Помимо карбонатов в таких прожилках обычно присутствуют кварц и

белые пластинки полевого шпата — альбита, из более редких минералов — барит, пирит, халькопирит, апатит, флюорит и паризит. Этот набор свидетельствует, что содержащие изумруды прожилки образовались из гидротермальных растворов.

Горячие (температура около 280 °С) растворы, просачиваясь сквозь разбитые трещинами осадочные породы, несли с собой из глубины подвижные соединения бериллия. Это подтверждает присутствие в прожилках минералов фтора — паризита и флюорита, поскольку бериллий в природе часто переносится именно растворимыми и летучими соединениями фтора. По мнению Беуса, источником бериллия могла послужить и сама мощная известково-сланцевая толща, вмещающая прожилки, так как «промывавшие» ее растворы, вероятно, содержали поваренную соль и могли выщелачивать бериллий из пород, не богатых им. Что же касается главного хромифора — хрома, тут все исследователи сходятся во мнении: растворы, из которых кристаллизовались колумбийские изумруды, извлекали хром из органического вещества черных сланцев.



Кристалл изумруда с вростками флюопита. Урал.

На этом можно было бы закончить краткий рассказ об изумруде. Остается добавить, что детальное изучение причин его окраски и условий образования позволило успешно решить задачу синтеза этого великолепного камня. Перипетии подхода к синтезу изумруда — отдельная тема. Скажем лишь, что приоритет среди отечественных лабораторий удерживает специальное конструкторско-технологическое бюро монокристаллов в Новосибирске, где кристаллы изумруда выращивают гидротермальным способом, фактически моделирующим природные процессы⁵.

⁵ Букин, Г. В. Выращивание драгоценных камней // Тез. докладов второго геммологического совещания. Черноголовка, 1989; подробнее о получении синтетических изумрудов, широко используемых не только как ювелирные изделия, но и в квантовой электронике, см.: Колбин Г. Р., Птицын А. Б. Самоцветы рождаются в Новосибирске // Природа. 1982. № 2. С. 32—42.

Иммунология

Лекарства от СПИДа: сегодня и завтра

Сегодня известно, что широко применяемый в лечении СПИДа препарат азидотимидин (зидовудин или ретровир) может действовать и на ранних стадиях заболевания, при постоянном приеме существенно замедляя его развитие¹. В Великобритании и Франции изучается возможность использования азидотимидина для лечения людей с положительным анализом крови на вирус СПИДа, но без каких-либо проявлений заболевания. Это поможет приостановить болезнь на латентной стадии.

По данным Ассоциации производителей фармацевтических препаратов сейчас разрабатывается около 60 новых лекарственных препаратов. Они атакуют вирус на разных стадиях его жизненного цикла, и, очевидно, будущее за их сочетаниями. Наиболее хорошо изучены ингибиторы фермента обратной транскриптазы вируса. Этот фермент вызывает синтез ДНК на матрице вирусного РНК. Копия вирусного генома (ДНК) затем включается в наследственное вещество зараженной клетки. К ингибиторам обратной транскриптазы принадлежит и азидотимидин. Он токсичен для костного мозга, и это ограничивает его применение. Принимать азидотимидин можно не более 18 мес подряд, так как отбираются варианты вируса, устойчивые к нему. Его должен сменить менее токсичный ингибитор обратной транскриптазы — дидезоксинозин, разрабатываемый американской фирмой «Бристоль-Майерс»². В США уже прошли его испытания (в ходе которых выяснилось, что препара-

рат в высоких дозах неблагоприятно действует на поджелудочную железу и нервную систему). Фирма «Хоффман — ЛаРош» (Швейцария) предлагает другой ингибитор обратной транскриптазы — дезоксицитидин. В разных стадиях испытания шесть подобных препаратов.

Другая перспективная группа лекарственных препаратов препятствует заражению клетки вирусом. Среди них растворимая форма белка CD4, в норме встроенного в клеточную мембрану и служащего рецептором для вируса иммунодефицита человека. Поэтому мишенями для вируса становятся клетки именно с этим типом белковых молекул. Американские фирмы «Биоген» и «Генетек» получили генноинженерную укороченную форму этого белка, без части, пронизывающей мембрану³. Этот рекомбинантный белок (в отличие от полной формы) растворим в воде и успешно предотвращает инфицирование клеток-мишеней вирусом иммунодефицита. Но у него есть существенный недостаток — он очень быстро выводится из организма. Для преодоления этого создан гибрид из CD4 и части антитела, названной иммуноадезином. Этот гибрид, как и антитела, достаточно долго циркулирует в крови и, как и CD4, взаимодействует с вирусными белками. Кроме того, он способен, в отличие от CD4, взаимодействовать с некоторыми белками защитных систем сыворотки крови и проходить через плацентарный барьер. Благодаря этим свойствам иммуноадезина кровь очищается от вируса, покрытого гибридными молекулами, уничтожаются инфицированные клетки и становится возможной защита от инфекции плода у женщин, болеющих СПИДом. Клинические исследования иммуноадезина уже начались.

Неудачной оказалась судьба сульфата декстрана. В лабораторных опытах он также предотвращал инфицирование

клетки вирусными частицами, и многие больные СПИДом стали принимать его по собственной инициативе. Однако оказалось, что это средство не всасывается в желудочно-кишечном тракте.

В США проведено клиническое исследование так называемого вещества Q — средства китайской народной медицины, которое выделяется из растения, похожего на огурец, и используется для абортов и при лечении рака⁴. Средство оказалось весьма эффективным, но крайне токсичным. Практически у всех принимавших его отмечались побочные эффекты (сыпь, лихорадка, иногда развивалась кома). Примерно у половины на этом фоне состояние стабилизировалось или даже улучшилось. Исследователи считают, что вещество Q избирательно убивает инфицированные клетки. Однако из-за токсичности оно может служить лишь дополнением к другим лекарствам, например азидотимидину.

Кроме того, разрабатываются вещества, подавляющие вирусную протеазу и препятствующие сборке вирусных белков в корпускулы⁵. Среди последних гиперичин, исследуемый Д. Меруэло (D. Meruelo; Медицинский центр Нью-Йоркского университета) и производное кастаноспермина, получаемое австралийской фирмой «Г. Д. Серл энд Компани».

Отдельную группу образуют получаемые биотехнологическим путем белки человека, стимулирующие иммунную систему, например интерлейкин-2, различные интерфероны и т. п.

К сожалению, очевидно, что реально лечить СПИД смогут лишь в будущем. Однако последние успехи лабораторных и клинических исследований все-таки оптимизм.

© И. В. Виноградов,
кандидат медицинских наук
Москва

¹ Также см.: Новости в лечении СПИДа // Природа. 1989. № 2. С. 111.

² Yarchoon R., Mitsuya H., Thomas R. S. et al. // Science. 1989. Vol. 245. P. 412—415.

³ Capon D. J., Chamow S. M., Mordenti J. et al. // Nature. 1989. Vol. 337. P. 525—531.

⁴ Buder R. // Nature. 1989. Vol. 341. № 6240. P. 267.

⁵ Подробнее см.: Второй фронт в борьбе со СПИДом // Природа. 1989. № 10. С. 110.

Изотопные метки в изучении окружающей среды

А. В. Тихомиров,
кандидат технических наук
Институт атомной энергии
им. И. В. Курчатова
Москва

ОДНИМ из аспектов антропогенного воздействия на окружающую среду является загрязнение атмосферы различными выбросами, в частности соединениями серы. Основная причина увеличения содержания сернистого газа над промышленными районами — развитие теплоэнергетики. В настоящее время ею обусловлена примерно треть поступающей в атмосферу серы.

Попадания в воздух соединения серы выводятся, как известно, с кислотными дождями, благодаря чему находясь в атмосфере в среднем не больше недели (в литосфере и гидросфере время жизни серы — миллионы лет¹). С кислотными дождями ежегодно выпадает до 10² кг серы на 1 га, что существенно меняет кислотность водоемов и почв, влияет на жизнеспособность организмов². Из-за вмешательства человека установившийся за миллионы лет круговорот серы на Земле в последние десятилетия кардинально изменился. Современное нестационарное состояние среды характеризуется не снижающимся уровнем выбросов серы и их перераспределением в глобальных масштабах.

Исследованиями переноса серы, ее влияния на окружающую среду занимаются самые разные специалисты, и задел тут велик. Вместе с тем при таких масштабах круговорота антропогенной серы трудно проследить за каким-либо ее объемом, даже если известно, где и когда

он поступил в атмосферу. Один из путей решения этой проблемы (как и реализации экологического мониторинга в целом) — использование изотопных индикаторов.

Изотопными метками обычно служат радиоактивные изотопы, которые вводят в исследуемые объекты, прослеживая пути их миграции. Активность радиопрепаратов, характеристики излучения обеспечивают надежную регистрацию таких меток. Но в то же время неизбежным оказывается их радиационное воздействие на окружающие объекты, встает вопрос о мерах защиты. Для широкомасштабных экспериментов по изучению атмосферного переноса в принципе можно найти радионуклиды, не нарушающие требований радиационной безопасности — не увеличивающие заметно естественный радиационный фон. Однако крайняя настороженность общестественности ко всему, что связано с радиацией, делает вне-лабораторные эксперименты трудно выполнимыми.

Альтернатива состоит в использовании изотопных меток, получаемых обогащением стабильных изотопов. Ведь из 83 нерadioактивных элементов Периодической системы Менделеева 61 имеет два и более стабильных изотопов. Существующие технологии, в частности разработанные и в нашем институте, позволяют обогащать изотопы всех этих элементов до концентрации 99 %, а иногда и выше.

Первый шаг к практическому использованию любого стабильного изотопа в качестве метки — надежная регистрация отличия изотопного состава образца от естественного уровня. Чем выше чувствительность и точность измерений, тем мень-

ше исследуемого вещества нужно для анализа и тем меньшее обогащение изотопной метки потребуются.

Стоимость обогащения изотопов различна. Она зависит от числа стабильных изотопов у того или иного элемента, их содержания в природе и в целом довольно высока: от 10 руб. до десятков тысяч за 1 г. Цена растет с увеличением кратности обогащения, причем по мере приближения к 100 %-ному содержанию — все быстрее.

Если говорить о сере, то можно сравнить природные содержания ее изотопов с составом изотопно-обогащенного продукта, получить который относительно легко. Например, для ³⁴S кратность обогащения — отношение концентраций изотопа в обогащенном образце и природе — близка к 12, а для ³⁶S около 20. Связь цены и концентрации изотопа для ³⁴S с кратностью обогащения от 2 до 12 почти линейна, т. е. стоимость 1 кг продукта с концентрацией около 50 % или 5 кг с концентрацией около 10 % примерно одинакова.

Использованию изотопных меток из обогащенной серы благоприятствуют хорошо разработанные методы анализа этого элемента, а также высокий уровень развития изотопной геохимии серы. С помощью масс-спектрометра можно измерить содержание изотопов серы в образцах и вычислить основную характеристику ее изотопного состава — так называемый изотопный сдвиг:

$$\delta^{34}\text{S} = \frac{(^{34}\text{S}/^{32}\text{S})_{\text{p}} - (^{34}\text{S}/^{32}\text{S})_{\text{t}}}{(^{34}\text{S}/^{32}\text{S})_{\text{t}}} \cdot 10^3,$$

где $(^{34}\text{S}/^{32}\text{S})_{\text{p}}$ и $(^{34}\text{S}/^{32}\text{S})_{\text{t}}$ — отношения концентраций в исследуемой пробе и в эталоне.

Разные виды ископаемого топлива могут иметь разные значения $\delta^{34}\text{S}$, и даже для одного вида топлива возможны вариации этого параметра в зависимости от особенностей месторождения. Поэтому, прежде чем пользоваться изотопной меткой из обогащенной серы, следует определить δ в выбросах сернистого газа, характерных для данного региона. Чувствительность метода изотопной инди-

© Тихомиров А. В. Изотопные метки в изучении окружающей среды.

¹ Рябошапка А. Г. Сера в биосфере // Природа. 1985. № 7. С. 42—50.

² Уждавини Э. Р., Мурзакаев Ф. Г. Сера в окружающей среде // Природа. 1984. № 2. С. 96—102.

Be	H								
F	He								
Na	Li								
Al	B								
P	C								
Sc	N								
Mn	Cl								
Co	V								
As	Cu								
Y	Ga								
Nb	Br								
Tc	Rb								
Rh	Ag								
I	In								
Cs	Sb								
Au	La								
Bi	Ta	O	S	Ti	Se	Hg			
Pr	Re	Ne	Cr	Ni	Kr	Nd			
Tb	Ir	Mg	Fe	Zn	Pd	Sm			
Ho	Tl	Si	Sr	Ge	Hf	Gd			
Tm	Eu	Ar	Pb	Zr	Pt	Dy	Cd		
Th	Lu	K	Ce	W	Er	Yb	Te	Xe	Sn
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
число изотопов									

Количество стабильных изотопов у химических элементов. Любой элемент, имеющий 2 и более стабильных изотопов, может быть использован в качестве метки после обогащения одного из них. Если изотопов 3 и более, то, как правило, легче обогатить самый легкий или самый тяжелый изотоп.

мент разрешил бы часть затянувшихся споров о возможности «персонификации» выбросов за пределами территорий тех или иных стран.

В технологии изотопные метки серы могут способствовать отработке способов обогащения топлива (в некоторых углях содержится до 2,6 % серы), совершенствованию улавливания выбросов, исследованию распределения серы между неустойчивыми (H_2S , $(CH_3)_2S$) и устойчивыми (OCS , CS_2) ее соединениями.

Разумеется, оценить перспективность таких работ, установить требуемый изотопный состав меток и их массу, необходимые для уверенной регистрации, можно только с помощью геохимиков, экологов, химиков-технологов и других специалистов.

По данным Центра стабильных изотопов ИАЭ им. И. В. Курчатова, изотопы серы уже сейчас находят заметное применение в биологии, химии, медицине. Имеются также сообщения о возможном использовании обогащенных изотопов серы для исследования кислотных дождей³. Однако объем подобных работ во многих случаях ограничен неподготовленностью потребителей к таким формам исследований. Серьезным тормозом для масштабных экспериментов с использованием изотопных меток является их стоимость. И все же нельзя забывать, что, только вкладывая средства в охрану окружающей среды сегодня, мы сможем избежать более крупных потерь в будущем. К тому же при получении изотопов, как и в других отраслях, справедлив принцип снижения себестоимости с ростом масштабов производства.

Остается добавить, что автор, являясь специалистом по получению обогащенных изотопов, излагает здесь лишь самые общие соображения об их применении для изучения и защиты окружающей среды. Вероятно, возможности куда шире. Публикация данного материала достигает цели, если последует практическое осуществление подобных работ. Кто отзовется?

³ Chem. and Eng. News. 1984. Vol. 62 (51). P. 28—30.

кации ограничена естественными колебаниями $\delta^{34}S$ (до 50 ‰).

Обогащенные стабильные изотопы серы могут быть полезны при изучении разных стадий кругооборота антропогенной серы. Скажем, в гидросфере они могли бы помочь определить скорость выведения серы при водообмене, связывании ее в

донных осадках и т. д. «Впрыскивание» необходимого количества изотопно-обогащенной серы через газодов теплоэлектростанции, например, позволило бы проследить за распространением выбросов в пространстве, динамикой выведения сернистого газа из атмосферы. Думается, подобный экспери-

Каменный век на Кубе

Р. С. Васильевский,
доктор исторических наук
С. А. Гладышев,
С. А. Комиссаров,
кандидаты исторических наук
Институт истории, филологии
и философии СО АН СССР
Новосибирск

ВАЖНЫМ этапом долгосрочного советско-кубинского сотрудничества в изучении древнейшего прошлого самого крупного острова Карибского моря, которое началось в 1978 г., а своей конечной целью имеет составление «Археологического атласа Кубы»¹, была совместная экспедиция, работавшая в феврале—марте 1989 г. на северо-восточном побережье страны, в провинции Ольгин. В состав нашего отряда входили сотрудники Центра археологии и этнологии

© Васильевский Р. С., Гладышев С. А., Комиссаров С. А. Каменный век на Кубе.

¹ О некоторых предыдущих результатах см.: Советские археологи на Кубе // Природа. 1985. № 9. С. 117.

Восход солнца в районе г. Никаро, где находилась база археологов.

Стоянка Модесто 1. На переднем плане — крупный нуклеус.

Фото Р. С. Васильевского.





Окрестности деревни Санта-Рита, где расположены памятники Модесто 1 и 3.

АН Кубы и Института истории, филологии и философии СО АН СССР (в их числе — начальник отряда П. Годо и научный руководитель Р. С. Васильевский).

Исследования велись в окрестностях деревни Санта-Рита (муниципалитет Маяри). Продолжая раскопки в пещере Левиса 8, начатые археологом Х. Феблосом, мы обнаружили многочисленные изделия из камня, раковины моллюсков, кости рыб и грызунов хутий из семейства *Cariacusidae*. По определению кубинского исследователя А. Кордовы, наиболее значительную

часть рациона древних обитателей этой пещеры составлял наземный моллюск *Caracolus sagemon*; употреблялись также морские моллюски *Cassostrea rhizophorae* и *Strombus gigas*. Очевидно, пещеру в качестве временного убежища использовали предки индейских племен сибонеев — древних аборигенов острова, занимавшихся собирательством, в меньшей мере — охотой на мелких животных и рыболовством. Примерный возраст второго культурного слоя в пещере (первый слой практически не сохранился — его выгребли на удобрения) — 2,5—3 тыс. лет по радиоуглеродному методу. Выявлен также третий культуросодержащий слой,

относящийся к несколько более раннему времени.

В окрестностях пещеры, на берегу небольшой реки Модесто обнаружены три стоянки открытого типа. На двух из них — Модесто 1 и Модесто 3 в ходе стационарных раскопок вскрыты два культурных горизонта, насыщенных каменными изделиями. Особенно богатым оказался второй горизонт, в котором содержалось несколько скоплений нуклеусов (кремневых желваков, от которых откалывали пластины для изготовления различных орудий), самих орудий и отходов кремневой индустрии. Характерная особенность этих памятников состоит в том, что на каждой стоянке



момент раскопок на стоянке Мо-
десто 1.

наличествует вся технологическая цепочка обработки камня — от нуклеусов до готовых орудий со следами использования, иначе говоря, все рабочие инструменты изготавливались из местного сырья по мере надобности. Обращает на себя внимание большое количество орудий, специально предназначенных для обработки дерева: стругов, скобелей, долот, стамесок. Типы инструментов и их функциональное назначение определены по аналогиям с набором орудий со стоянки Наранхо 1 (в долине реки Маяри), который был подвергнут специальному трассологическому исследованию советским специалистом в данной области Г. Ф. Коробковой. Скорее всего, памятники типа Модесто носили сезонный характер и были связаны с заготовкой и обработкой древесины. Из стволов местные жители выдалбливали лодки или вязали плоты, которые затем сплавляли по реке к морю.

Существование таких специализированных центров по обработке дерева позволяет го-

ворить о довольно высоком уровне культуры этих древних племен.

По своим основным признакам памятники Модесто 1 и 3 близки к выделенной недавно культуре маяри, которая более архаична, чем ранее открытые сибонейские культуры. Очевидно, именно с культурой маяри связано первое появление человека на острове (предположительно 8—10 тыс. лет назад).

Изучение найденного на памятниках Модесто материала (более 3 тыс. единиц) подтвердило такую примечательную черту каменного века Кубы, как отсутствие бифасов (обработанных с двух сторон наконечников), хотя именно этот вид универсального орудия характерен для большинства культур плейстоценового и раннеголоценового времени как в Северной, так и в Южной Америке. Объяснений тому может быть несколько. Самое простое: бифасы на Кубе просто пока не найдены, но будут непременно обнаружены в последующих раскопках. Хотя такую возможность исключить нельзя, вряд ли это произойдет на памятниках культуры маяри, в рамках которой уже открыты десятки стоянок, собрана коллекция из

тысяч орудий труда — и среди них ни одного наконечника. Нам ближе концепция американского археолога А. Д. Кригера, который постулировал существование на территории Латинской Америки «стадии до наконечников». Один из памятников этой стадии — комплекс Аякучо, выявленный в нижних слоях пещеры Пикимачай в Перу, где скребла с боковым рабочим краем, криволинейные струги и чопперы (односторонне сколотые гальки) найдены вместе с костями гигантского ленивца и дикой ламы (возраст по радиоуглеродному датированию примерно 14 тыс. лет). Не исключено, что культура маяри — поздний этап этой стадии.

Возможный путь проникновения традиции «без наконечников» из глубин Перуанского нагорья на Кубу — через Центральную Америку, поскольку прослеживается определенное сходство между инвентарем Маяри и ранних (7—12 тыс. лет назад) памятников долины Теуакан (Мексика). Дальнейшие исследования позволят уточнить маршруты, по которым человек начал осваивать Большие Антильские о-ва, и время их заселения человеком.

Кыштымская авария крупным планом

Летом 1989 г. с высокой трибуны сессии Верховного Совета СССР впервые прозвучала официальная информация о радиационной аварии на Южном Урале. Так была приподнята завеса секретности не только над событием более чем 30-летней давности, но и над многоплановой работой большого коллектива специалистов, которые на протяжении всех этих лет занимались изучением и ликвидацией последствий аварии. Журнал «Природа», следуя давней традиции, предоставил свои страницы непосредственным участникам этой работы, чтобы дать возможность широкой научной общественности детально ознакомиться с результатами исследований в зоне аварии, оценить масштабы и эффективность мер по ее ликвидации. Представляем авторов публикации:

Борис Васильевич Никипелов, доктор технических наук, первый заместитель министра атомной энергетики и промышленности СССР. Основные научные интересы связаны с обоснованием развития атомной энергетики и промышленности. Лауреат Государственной премии СССР.

Евгений Гордеевич Дрожко, кандидат технических наук, заместитель главного инженера предприятия. Занимается проблемами радиационной безопасности и охраны окружающей среды.

Геннадий Николаевич Романов, кандидат технических наук, начальник Опытной научно-исследовательской станции (ОНИС). Основные научные интересы — в области охраны окружающей среды, изучения поведения радионуклидов в экосистемах. Лауреат Государственной премии СССР.

Александр Сергеевич Воронов, начальник лаборатории ОНИС. Специалист в области радиационного контроля окружающей среды.

Дмитрий Алексеевич Спирин, кандидат биологических наук, заместитель начальника ОНИС. Область научных интересов — радиобиология сообществ и экосистем.

Рудольф Михайлович Алексахин, академик ВАСХНИЛ, директор Всесоюзного научно-исследовательского института сельскохозяйственной радиозологии. Специалист в области общей и сельскохозяйственной радиозологии. Лауреат Государственной премии СССР.

Евгений Георгиевич Смирнов, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ОНИС. Занимается радиозоологическими проблемами геоботаники, радиобиологии сообществ и популяций.

Луиза Ивановна Суворова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ОНИС. Специалист в области радиобиологии растений.

Федор Анатольевич Тихомиров, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией радиозологии Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Область научных исследований — изучение поведения радионуклидов в окружающей среде, биологического действия радиоактивного загрязнения.

Лев Александрович Булдаков, академик АМН СССР, заместитель директора Института биофизики Министерства здравоохранения СССР. Специалист в области радиобиологии и радиотоксикологии.

Владимир Леонидович Шведов, доктор медицинских наук, директор Филиала № 4 Института биофизики Минздрава СССР. Область научных интересов — радиационная токсикология.

Иван Григорьевич Тепляков, старший научный сотрудник ОНИС. Занимается разработкой агротехнических приемов снижения содержания радионуклидов в урожае, проблемами дезактивации угодий.

Вячеслав Павлович Шилов, кандидат биологических наук, начальник лаборатории ОНИС. Научные интересы связаны с разработкой методов ведения животноводства в условиях радиоактивного загрязнения.

Взрыв на Южном Урале

Б. В. Никипелов, Е. Г. Дрожко

В ЖИВОПИСНОМ уголке Южного Урала на берегу озера расположен безымянный город, которого нет на карте. В стране его называют «сороковкой», за рубежом — Кыштымским ядерным комплексом. История этого города, основанного в конце сороковых годов, неразрывно связана с оборонным предприятием — одним из первых центров атомной промышленности СССР. Именно здесь в условиях жесточайшей секретности создавался ядерный щит.

Перед специалистами и рабочими, создававшими предприятие, была поставлена задача, от которой в то время зависела безопасность и независимость страны — достичь паритета с США в ядерном вооружении. Для ее решения были предоставлены многие ресурсы, только одного не хватало — времени. Разработка технологических процессов шла предельно быстро, производство фактически создавалось по результатам опытов в пробирках, и проверять принятые решения в промышленном масштабе было невозможно: В стремительной гонке за соперником не оставалось времени на создание совершенных схем локализации радиоактивных отходов от переработки облученного топлива — проблема локализации отходов казалась тогда и менее важной, и менее сложной, чем задача наработки и выделения плутония.

С позиций сегодняшнего дня многие решения по обращению с отходами радиохимического производства кажутся недостаточно продуманными. Но ведь полное понимание всей сложности и значимости проблемы локализации радиоактивных отходов приходит только сегодня, и во многом оно основано именно на опыте сделанных ошибок. К сожалению, трудный путь к такому пониманию оставил следы не только в человеческой памяти, но и в природе — загрязненные озера, реки, грунтовые воды и территории. Такие следы остались и в других странах, развивавших ядерную технологию, в том числе в США. Недостаток знаний и связанная с этим ограниченность выделявшихся когда-то средств оборачиваются сегодня необходимостью огромных затрат материальных и интеллектуальных ресурсов на восстановление загрязненных природных объектов.

Что же произошло 33 года назад близ Кыштыма, если до сих пор это событие интересует и рядовых людей, и парламентариев? 29 сентября 1957 г. в 16 ч 20 мин по местному времени на радиохимическом заводе по выделению плутония взорвалась одна из емкостей-хранилищ высокоактивных отходов. Взрыв полностью разрушил емкость из нержавеющей стали, содержавшую 70—80 т отходов и находившуюся в бетонном каньоне на глубине 8,2 м, сорвал и отбросил на 25 м бетонную плиту перекрытия каньона. Из хранившихся в емкости 20 МККи радиоактивности 10 % было поднято в воздух на высоту до 1 км. Остальную часть отходов взрыв разбросал вокруг емкости. В результате образовалось радиоактивное облако, которое перемещалось в северо-северо-восточном направлении и обусловило радиоактивное загрязнение части территорий Челябинской, Свердловской и Тюменской областей. Загрязненные территории впоследствии получили название Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС).

Чтобы стали понятны причины аварии, нужно хотя бы кратко описать технологическую схему хранения высокоактивных отходов. За 40 лет работы радиохимического завода технология переработки облученного топлива несколько раз изменялась. Первоначально облученное топливо обрабатывалось по так называемой целлюлозататной осадительной схеме. В соответствии с этой схемой после азотнокислого растворения топлива и выделения из растворов урана и плутония образовывались высокоактивные отходы, содержащие до 100 г/л нитрата натрия и 80 г/л ацетата натрия. Так как в этих растворах присутствовало большое количество долгоживущих радионуклидов, а также остатки урана и плутония, растворы в течение года хранились в емкостях для снижения их активности, а затем направлялись на доизвлечение урана и плутония. После переработки часть растворов снова направлялась на хранение в емкости, а менее активная часть удалялась в водоем-хранилище.

Комплекс, в который входила взорвавшаяся емкость, представлял собой прямоугольное заглубленное бетонное сооружение с ячейками-каньонами для установки 20 стальных емкостей. Емкости охлаждались водой, протекавшей по кольцевому зазору между стенками емкости и каньона, и были

оборудованы вентиляционной системой для разбавления радиолитических газов до взрывобезопасных концентраций, измерителями уровня и температуры растворов, а также охлаждающей воды. Хранилище было пущено в эксплуатацию в 1953 г. Со временем стало ясно, что измерительные приборы, взятые из химической промышленности, не выдерживают условий радиохимического производства, и позднее необходимую аппаратуру и методы контроля разработали специально. Но к осени 1957 г. измерительные приборы в комплексе емкостей-хранилищ пришли в неудовлетворительное состояние. Из-за высоких радиационных полей и конструктивных особенностей кабельных коридоров ремонт системы контроля был невозможен. Поскольку в хранилищах использовалось внешнее охлаждение и емкости были целиком погружены в воду, при испарении растворов они постепенно всплывали, что приводило к нарушению герметичности линий приема и выдачи радиоактивных веществ. В результате некоторые емкости, в том числе и позднее взорвавшаяся, начали загрязнять охлаждающую воду. Очищать охлаждающую воду стали в том же отделении завода, в котором перерабатывались и отходы. Из-за недостаточной производительности этого отделения (а другого не было) такие емкости пришлось перевести на периодический режим охлаждения. Эффективность этого режима оказалась недостаточной, контроль же за ней отсутствовал, поскольку показания приборов были ошибочны. Расследование, проведенное после аварии специальной комиссией, показало, что ее наиболее вероятной причиной был взрыв сухих солей нитрата и ацетата натрия, образовавшихся в результате выпаривания растворов в емкости из-за их саморазогрева при нарушении условий охлаждения.

Так как при взрыве была повреждена вентиляционная система всего комплекса, основной задачей послеаварийных работ стало ее восстановление. Одновременно создавался надежный приборный контроль и проводилась дезактивация загрязненных участков промышленной площадки. В течение конца 1957 и начала 1958 гг. эти работы были в основном закончены. Емкости оборудовали индивидуальными вентиляционными системами и приборами контроля, что потребовало прокладки новых кабельных трасс, установки новой аппаратуры, а также датчиков температуры и уровня.

После введения в действие нового комплекса емкостей-хранилищ, в котором были исключены выявившиеся недостатки, все растворы из старого комплекса с внеш-

ним охлаждением были переработаны, емкости отмыты, дезактивированы и заполнены чистой водой.

Случаев радиоактивного загрязнения обширных территорий до 1957 г. не было. Сложившаяся радиационная обстановка усугублялась не только отсутствием практики крупномасштабных аварийно-восстановительных работ, но и недостатком научных знаний о поведении радионуклидов в окружающей среде, путях и условиях облучения человека и живой природы, о степени возникшей радиационной опасности. Тем не менее в этих сложных условиях были предприняты в целом правильные действия по защите персонала и населения, восстановлению производственной и хозяйственной деятельности на загрязненной территории. В непосредственной ликвидации последствий аварии принимал участие не только почти весь персонал оборонного предприятия, но и большинство жителей закрытого города, а в изучении ее радиобиологических и радиэкологических последствий на территории следа и разработке научно-практических, медицинских, организационных и хозяйственно-технических основ их ликвидации — многие представители различных государственных, научных, медицинских и хозяйственных организаций и учреждений. С благодарностью к каждому из них публикуется этот материал — краткое изложение всех выполненных работ.

Материалы подготовлены на основе большого цикла работ, в выполнении которых, помимо авторов статей, принимали участие:

Академик ВАСХНИЛ В. М. Ключковский; канд. мед. наук А. И. Бурназан; канд. техн. наук И. А. Терновский; канд. мед. наук Е. А. Федоров; академик ВАСХНИЛ Н. А. Корнеев; докт. биол. наук И. К. Дибобес; канд. сельхоз. наук А. П. Поваляев, докт. техн. наук Е. Н. Теверовский.

Сотрудники ОНИС — Л. Н. Тюменев; канд. биол. наук А. Я. Коготков; канд. биол. наук Н. Д. Зуев;

канд. биол. наук Н. И. Буров; канд. биол. наук Н. Н. Мишенков; канд. биол. наук Е. М. Николаева; канд. биол. наук Е. Р. Рябова; канд. биол. наук В. М. Плещов; Е. В. Филатова; канд. биол. наук А. В. Маракушин; Г. П. Шейн; Т. Л. Кожевникова.
Сотрудники Филиала № 4 Института биофизики Минздрава СССР — докт. биол. наук И. Я. Панченко; канд. мед. наук А. М. Скрябин; канд. мед. наук Б. М. Шуховцев; канд. физ.-мат. наук Л. И. Пантелеев; канд. хим. наук Р. И. Погодин.

Сотрудники Института общей генетики АН СССР — докт. биол. наук В. А. Шевченко; ка. д. биол. наук В. А. Кальченко.

Сотрудники Института прикладной геофизики Госкомгидромета СССР — канд. биол. наук Р. Т. Карабань; канд. хим. наук В. В. Писарев; докт. хим. наук Ф. Я. Ровинский.

Сотрудники Института эволюционной морфологии и экологии животных АН СССР — академик Н. П. Дубинин; докт. биол. наук Д. А. Криволицкий; докт. биол. наук А. И. Ильенко.

Радиационная обстановка после аварии

Г. Н. Романов, А. С. Воронов

РАССЕЯННАЯ при взрыве смесь радиоактивных продуктов в основном содержала короткоживущие радионуклиды ^{144}Ce , ^{144}Pr , ^{95}Zr , ^{95}Nb (см. табл. 1), однако главную радиационную опасность на протяжении длительного времени после аварии представлял долгоживущий ^{90}Sr (2,7 % от суммарной активности) в равновесии с дочерним его продуктом ^{90}Y . (Период полураспада стронция гораздо больше, чем иттрия, и потому при установившемся динамическом равновесии общая активность ^{90}Sr и ^{90}Y равна удвоенной активности стронция.)

Формирование ВУРСа в основном закончилось через 11 ч после взрыва. Все это время ветер сохранял направление на северо-северо-восток, а потому след оказался сильно вытянутым. Поскольку при его образовании атмосферные осадки не выпадали, а до того как установился постоянный снежный покров, случались периоды сухой погоды с сильными ветрами, в течение первых полутора месяцев происходило перераспределение радиоактивных веществ на местности (ветровой перенос). Это привело к дополнительному загрязнению участков, прилегающих к головной части следа, где заражение было максимальным. Поэтому след здесь шире и размыт в восточном направлении.

В качестве «реперного» радионуклида, по содержанию которого оценивали радиоактивное загрязнение, был принят ^{90}Sr : с одной стороны, его период полураспада достаточно велик, с другой — он содержался в смеси в заметном количестве и играл наиболее важную роль в формировании доз долговременного облучения живых организмов. Поэтому в дальнейшем плотность загрязнения указана именно по ^{90}Sr . Кроме того, многие показатели приводятся в расчете на единичную плотность загрязнения этим радионуклидом (1 Ки/км²). Чтобы охарактеризовать радиационную обстановку в конкретной точке, необходимо такой показатель умножить на плотность загрязнения ^{90}Sr .

В границах плотности загрязнения этим нуклидом 0,1 Ки/км² (удвоенный уровень плотности загрязнения ^{90}Sr в данном регионе до аварии 1957 г., обусловленного глобальными выпадениями от испытаний атомного

Таблица 1
Состав аварийного выброса

Радионуклид	Период полураспада	Вид излучения	Вклад в активность смеси, %
^{89}Sr	51 сут	β , γ	следы
$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$	28,6 года *	β	5,4
$^{95}\text{Zr} + ^{95}\text{Nb}$	65 сут	β , γ	24,9
$^{106}\text{Ru} + ^{106}\text{Rh}$	1 год	—»—	3,7
^{137}Cs	30 лет	—»—	0,036
$^{144}\text{Ce} + ^{144}\text{Pr}$	284 сут	—»—	66
^{147}Pm	2,6 года	—»—	следы
^{155}Eu	5 лет	—»—	—»—
Pu (смесь изотопов)		α	—»—

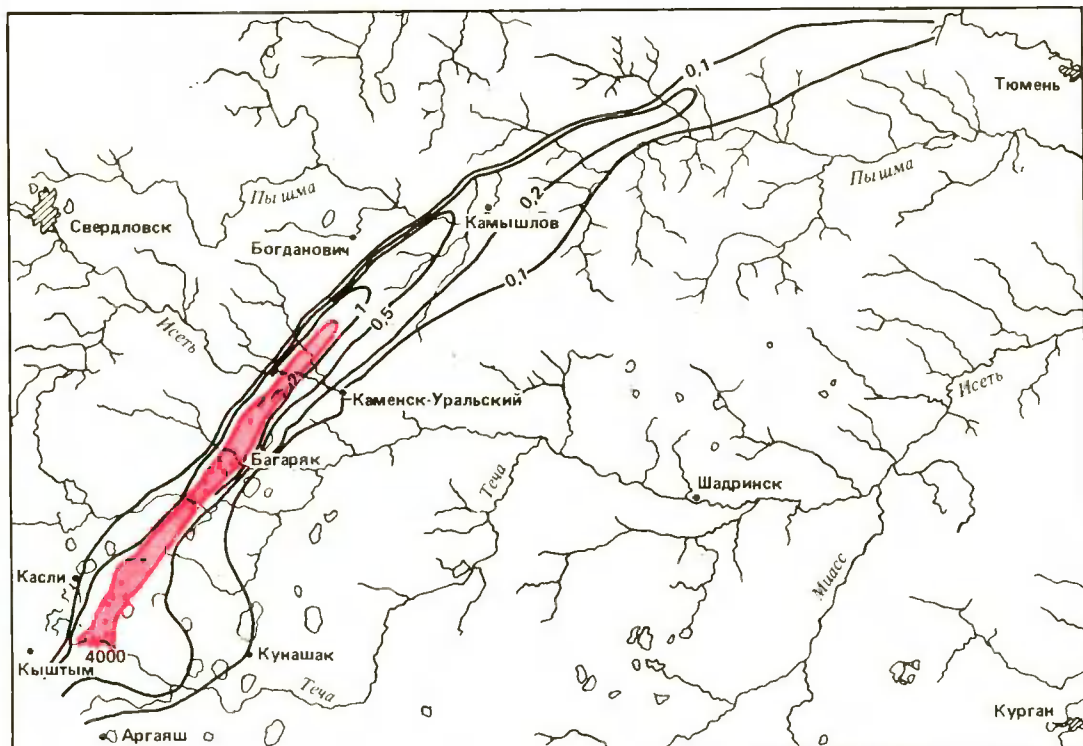
* Для смесей материнского и дочернего радионуклидов указан период полураспада материнского.

оружия) длина следа достигла 300 км, а ширина — 30—50 км, в границах 2 Ки/км² — соответственно 105 км и 8—9 км. Плотность загрязнения 2 Ки/км² была признана предельной для безопасного проживания населения и определила официальную границу ВУРСа. Общая площадь территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению (на уровне, достоверно отличающемся от фоновых), составляла 15—23 тыс. км², в том числе в границах 2 Ки/км² — около 1 тыс. км² (табл. 2). Вдоль оси следа с удалением от ядерного предприятия плотность загрязне-

Таблица 2
Распределение территории по начальной плотности загрязнения

Плотность загрязнения, Ки/км ²	Площадь, км ²
0,1—2	(15—23) · 10 ³
2—20	600
20—100	280
100—1000	100
1000—4000	17

* Граница плотности загрязнения 0,1 Ки/км² определена со значительной погрешностью.



Карта Восточно-Уральского радиоактивного следа. Цветными точками обозначены населенные пункты, из которых переселены жители.

ния монотонно убывала от 4000 Ки/км² в головной части до 0,1 Ки/км² у дальних границ. Распределение в поперечном направлении характеризовалось резко выраженным максимумом на оси, превосходящим плотность загрязнения на периферии в 10—10³ раз.

Радиоактивное загрязнение было обнаружено во всех без исключения объектах окружающей среды. Так, уровень β-активности в первые недели после аварии вырос по сравнению с предаварийным в траве в 10²—2·10⁵ раз, открытых водоемах — в 1,5—3·10⁴ раз, зерне пшеницы — в 25—10³ раз, молоке коров — в 10—2·10³ раз.

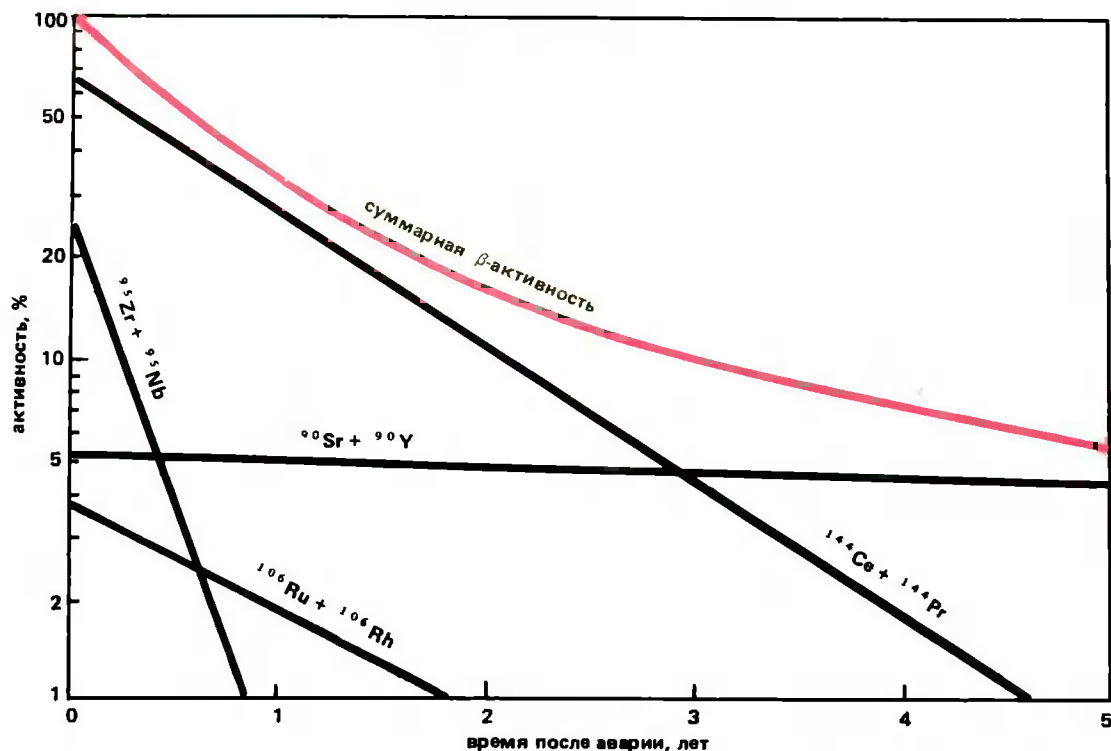
В начальный период мощность экспозиционной дозы γ-излучения на открытых местах на высоте 1 м составляла 150 мкР/ч (в расчете на 1 Ки/км²), причем 90 % дозы определялись вкладом ⁹⁵Zr + ⁹⁵Nb. При плотности загрязнения 4000 Ки/км² мощность достигала 0,6 Р/ч. Однако зачастую наблюдались существенные отклонения мощности дозы от среднего значения. В частности, кроны деревьев первоначально задерживали до 90 % выпавших радиоактивных веществ.

В результате над землей образовались объемные источники γ-излучения, и потому мощность дозы на высоте 1 м в лесу была в 2—3 раза выше, чем на открытой местности. Обратная картина наблюдалась над поверхностью озер и рек: быстрое оседание и разбавление радиоактивных веществ приводили по меньшей мере к десятикратному ослаблению γ-излучения.

В последующем радиационная обстановка на территории ВУРСа значительно изменилась к лучшему — опасность облучения человека и природных объектов снизилась в основном под действием четырех факторов:

- радиоактивного распада короткоживущих радионуклидов;
- перераспределения радиоактивных веществ, в том числе за счет заглубления в почву и донных отложениях;
- изменения механизмов поступления радионуклидов в растительность (прекратилось непосредственное поверхностное загрязнение растений, снизилось загрязнение, обусловленное ветровым переносом);
- хозяйственной деятельности, в частности мероприятий по радиационной защите населения.

Благодаря радиоактивному распаду плотность загрязнения по смеси радионук-



Радиоактивный распад смеси нуклидов в первые пять лет после аварии.

лидов за 30 лет уменьшилась более чем в 30 раз, по стронцию — в 2 раза (табл. 3). По этой же причине энергия γ -излучения на 1 распад ^{90}Sr упала почти в 2000 раз (это излучение определяется в основном короткоживущими радионуклидами), что наряду с заглублением радионуклидов в почву привело к снижению мощности экспозиционной дозы γ -излучения на высоте 1 м в 2800 раз. Поэтому экспозиционная доза γ -излучения —

0,5 Р за 30 лет (в расчете на 1 Ки/км²) — сформировалась практически за первый год после аварии.

Концентрация радионуклидов в различных экосистемах снизилась к настоящему времени в сотни-тысячи раз, причем наиболее быстро этот процесс шел в первые пять лет. В дальнейшем радиоактивное загрязнение стало связано только с присутствием ^{90}Sr , и снижение уровней загрязнения определялось закономерностями его поведения в окружающей среде.

Таблица 3
Динамика радиационной обстановки на территории ВУРСа

Время после аварии, лет	Плотность загрязнения, %		Мощность экспозиционной дозы γ -излучения на высоте 1 м, (мкР/ч)/(Ки/км ²)	Накопленная экспозиционная доза γ -излучения на высоте 1 м, Р' (Ки/км ²)	Концентрация радионуклидов, %			
	по суммарной β -активности	по ^{90}Sr			трава	зерно	молоко	вода озер
0	100	100	150	0	100	100	100	100
1	34	96	8,7	0,42	10	20	10	3
5	5,7	89	0,33	0,49	1	1	1	1
10	4,3	78	0,15	0,49	0,4	0,8	0,4	0,75
25	3	52	0,053	0,5	0,05	0,3	0,06	0,1
75 (прогноз)	0,88	16	0,017	0,5	0,01	0,1	0,1	0,05

Поведение радиоактивных веществ в окружающей среде

Г. Н. Романов, Д. А. Спириин, Р. М. Алексахин

РАЙОН радиоактивного загрязнения — участок Зауральской степи с относительно ровным рельефом. Около 50 % его площади покрыто березовыми лесами, березово-сосновыми насаждениями, а также лугами на водоразделах и в понижениях рельефа. Почвенный покров неоднороден: наиболее распространены серые лесные почвы, чернозем выщелоченный, дерново-подзолистые почвы, в том числе увлажненные и засоленные. Фауна типична для лесостепной зоны — насекомоядные и хищные птицы, грызуны (заяц, мыши), парнокопытные (лось, косуля) и мелкие хищники. 10 % территории занимают заросшие непроходимые озера с небогатой видами ихтиофауной (плотва, окунь, щука, карась, линь). Агроэкосистемы, занимавшие к моменту аварии 40 % площади, были представлены главным образом пахотными угодьями.

Часть пашни, исключенная до настоящего времени из хозяйственного использования, заросла березовым лесом и сосняком на суглинистых и песчаных почвах, травами на щебенчатых.

Перераспределение выпавших радионуклидов началось сразу после загрязнения территории и происходило в основном в вертикальном направлении: с деревьев и травянистого покрова — на поверхность почвы, а с поверхности воды — в донные отложения. Почвы и донные отложения стали основными аккумуляторами радиоактивности.

ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ

Поведение и скорость миграции радионуклидов в почве зависят от ее физико-химических свойств: емкости поглощения, определяемой в первую очередь содержанием обменного кальция¹, кислотности, содержания гумуса, илистых фракций, мине-

рального состава песка, водопроницаемости и т. п. Подвижность каждого радионуклида в почве определяется растворимостью его химических соединений в воде и сорбционной способностью почвы по отношению к нему.

По химической подвижности в характерных для загрязненного региона почвах выпавшие радионуклиды образовали (в порядке возрастания) следующий ряд: ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, ¹⁴⁴Ce, ¹⁰⁶Ru. Минимальная подвижность цезия обусловлена его высокой способностью к сорбции на частицах почвы с включением его атомов в кристаллическую решетку глинистых минералов — через 1—2 года она снижается в 2—10 раз. Содержание в почвах подвижных форм стронция практически не меняется во времени и составляет 76—90 % от общего его содержания в верхнем слое почвы. Подвижность ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs минимальна в черноземе и несколько выше в серой лесной и дерново-подзолистой почвах из-за различия в интенсивности почвообразования.

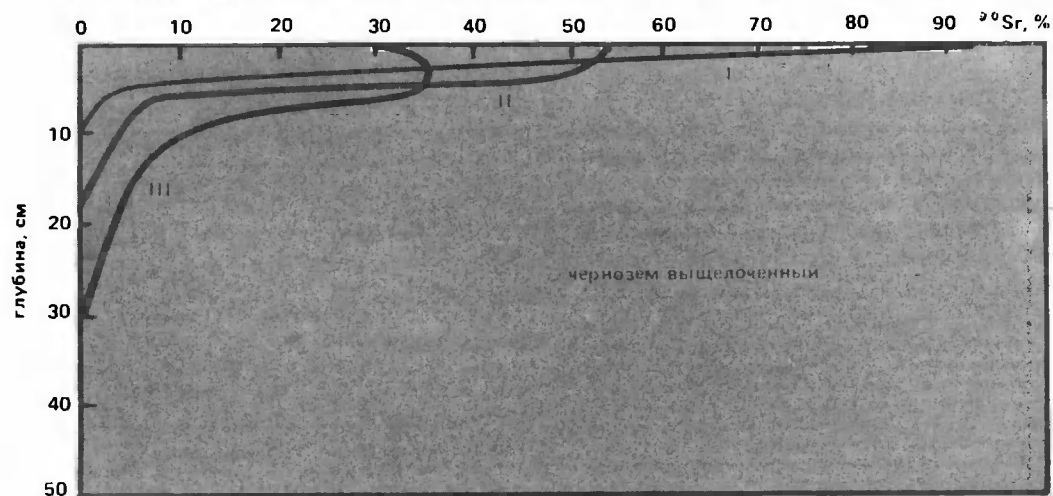
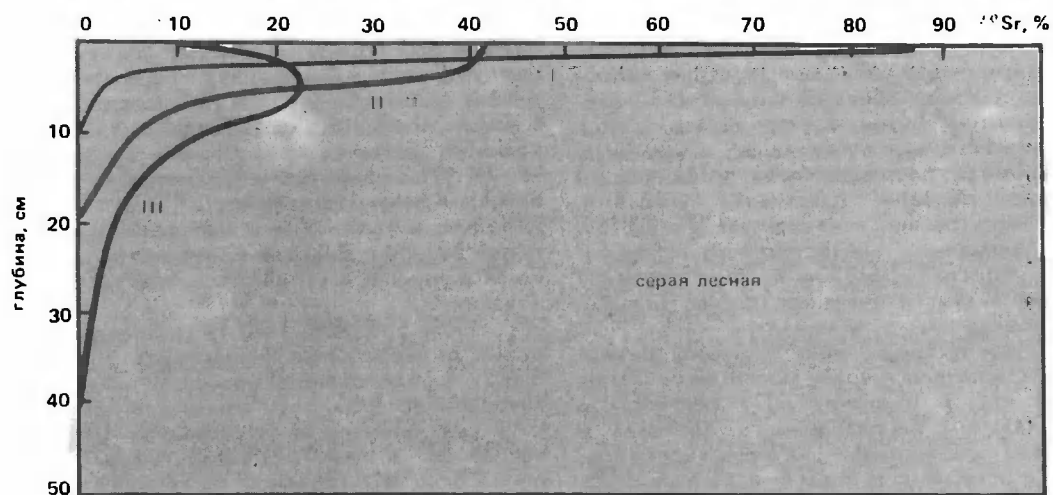
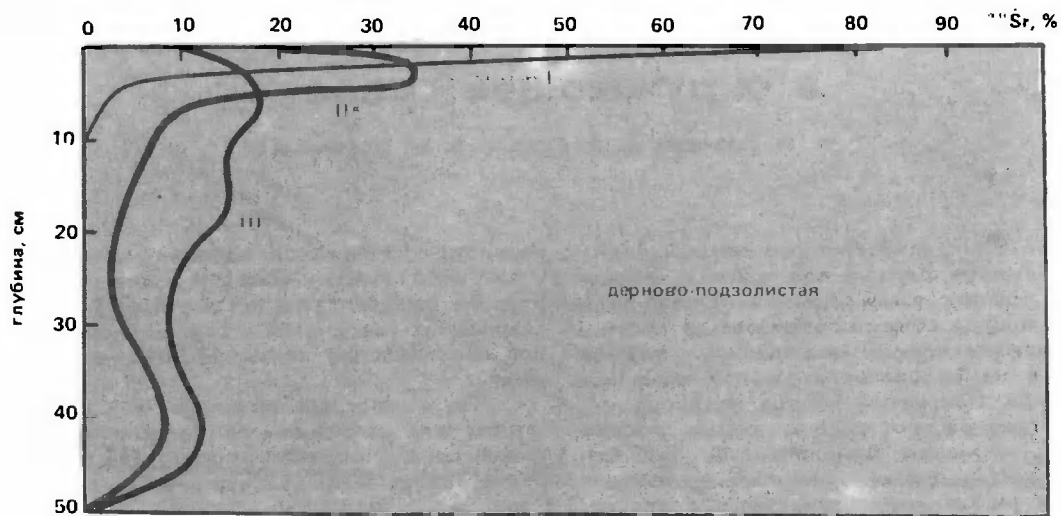
Если в первые 1—2 года после выпадения радиоактивных веществ до 90 % их было сосредоточено в поверхностном слое глубиной до 2 см, то к настоящему времени в нем произошла естественная дезактивация. За 30 лет в ненарушенном слое почв ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs проникли на глубину более 10 см (табл. 1).

Таблица 1
Содержание ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs в разных слоях почвы в 1988 г., % от общего содержания*

Тип почвы	Толщина слоя		
	0—2 см	0—10 см	10—50 см
Чернозем выщелоченный	31	94	6
	41	93	7
Серая лесная	11	84	16
	51	89	11
Дерново-подзолистая	8	54	46
	44	84	16

* Здесь и в следующих таблицах светлые цифры относятся к ⁹⁰Sr, жирные — к ¹³⁷Cs.

© Романов Г. Н., Спириин Д. А., Алексахин Р. М. Поведение радиоактивных веществ в окружающей среде.
¹ При взаимодействии с водой некоторые катионы почв в раствор не переходят, а обмениваются в эквивалентном количестве на катионы солевого почвенного раствора. Общее количество обменных катионов, содержащееся в 100 г сухой почвы, называется емкостью поглощения, или емкостью обмена; выражается в миллиграмм-эквивалентах.



Вертикальное распределение ^{90}Sr в почвах разных типов: через 5 лет после аварии [I], через 10 [II], через 25 [III].

В то же время на пахотных участках за 30 лет радионуклиды равномерно распределились в объеме пахотного слоя, а их миграция вниз составила сотые доли процента от общего содержания в почве.

РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ

Поведение радионуклидов в растительном покрове, подчиняясь закономерностям биогеохимического круговорота, зависит от миграции веществ из растений в почву и из почвы в растения. Если в первые 1—3 года при преимущественно поверхностном внешнем загрязнении под действием ветрового переноса преобладал нисходящий поток радиоактивного вещества (с опадом растений и их органов), то в последующем, когда ^{90}Sr в основном усваивался корнями растений из почвы, установилось равновесие радионуклидов в растительном покрове и почве.

На пастбищах, сенокосах, залежах первоначально почти все радиоактивное загрязнение было сосредоточено на поверхности растительного покрова, при этом концентрация смеси радионуклидов зависела от биомассы и ее распределения. Природные процессы (отмирание растительности, механическое перемещение под действием ветра и дождя) переместили с наступлением зимы около 90 % радиоактивного вещества под растительный покров (на почву и дернину). В следующий вегетационный сезон радиоактивное загрязнение травянистых растений было обусловлено на 20—65 % ветровым переносом, на 25—70 % — корневым усвоением из дернины и на 10 % из почвы. На протяжении первых трех лет дернина была основным источником загрязнения, а затем благодаря ее минерализации и ослаблению ветрового переноса главным источником стало корневое усвоение из почвы (95—99 % в настоящее время). Максимальное содержание ^{90}Sr в травянистых растениях отмечали на пятый год, что совпадает со сроками достижения мигрирующим в глубь почвы ^{90}Sr зоны корневого питания большинства видов растений с поверхностной корневой системой.

Корневое усвоение ^{90}Sr различными травянистыми растениями меняется, в первую очередь, в зависимости от их потребности в кальции (неизотопном химическом аналоге стронция), и это определяет заметные различия в накоплении ^{90}Sr растениями

различных видов при произрастании их на различных почвах.

При установившемся корневом усвоении ^{90}Sr в растительном покрове лугов и залежных земель находится 1,6—4 % запаса ^{90}Sr на единицу площади, в отмершей растительности — 0,06—0,3 %; в дернине — 0,04—57 %, остальное — в минерализованной части почвы.

Ежегодное вовлечение (и соответствующий почти эквивалентный возврат) радионуклидов травянистой растительностью в биологический круговорот при биомассе 200 г/м² (сухого вещества) для разных типов растительного покрова составляет 0,08—0,3 % (для ^{90}Sr) и 0,01—0,07 % (для ^{137}Cs) от их запаса в почве. Таким образом, естественная травянистая растительность не может считаться фактором, серьезно влияющим на перераспределение радиоактивного вещества.

В лесонасаждениях 80—90 % выпавшей радиоактивности вначале задержалось в кронах деревьев и нисходящая миграция также имела место сразу после загрязнения. Смыв и выдувание радиоактивного вещества в первые месяцы привели к снижению содержания радионуклидов в кронах на 20—40 %. В листопад у березовых насаждений на подстилку переместилось около 80 % сосредоточенной в кроне радиоактивности. Через 8 мес в надземной биомассе березы содержалось 10—20 % общего запаса радиоактивного вещества на единицу площади, сосны — 40—50 %. В расчете на всю биомассу надземного яруса смешанного сосново-березового леса запас радиоактивного вещества летом 1958 г. составлял 0,2—17,4 % от запаса вещества на единицу площади. В дальнейшем радионуклиды в лесах перераспределялись за счет их усвоения корневой системой из подстилки и почвы, опада хвои, листьев, мелких веток, травянистой растительности, миграции в системе подстилка — минерализованная часть почвы.

В результате биогенного разложения подстилки и промывания ее осадками радиоактивные вещества постепенно мигрировали в минерализованную верхнюю часть почвы. Через 8 лет в подстилке оставалось 10 % ^{90}Sr , а через 30 лет — 3—4 %. В минерализованной же части почвы его запас постепенно возрастал — до 75 % через 5 лет и 95 % через 30 лет. В поверхностном (0—5 см) слое почвы максимальное содержание ^{90}Sr наблюдалось на 12—14-й год после аварии, затем оно стало снижаться за счет миграции в более глубокие слои почвы.

В первые 10 лет увеличивался запас ^{90}Sr в древесине и коре, из них 3 года

Таблица 2

Распределение ^{90}Sr в лесных биогеоценозах, % от содержания на единицу площади

Компоненты	Сосновые насаждения	Березовые насаждения
Древесный ярус:	0,2	6,7
хвоя, листья	0,04	0,4
ветки	0,05	1,6
кора	0,06	2,7
древесина	0,06	2,0
Подстилка и трава	3,5	3,5
Почва (0—10 см)	96,3	89,8

содержание ^{90}Sr в древесное определялось остаточным и внекорневым загрязнением, из-за чего концентрация была максимальной в листьях и ветвях. Через 3—5 лет вклад корневого пути поступления стал возрастать и в последующем доминировал. Концентрация ^{90}Sr медленно снижалась в листьях и ветвях и нарастала в древесине и коре. ^{137}Cs в древесную растительность поступило в 10 раз меньше, чем ^{90}Sr .

Установившееся распределение ^{90}Sr в лесном биогеоценозе представлено в табл. 2. Примечательно, что запас ^{90}Sr в древесной растительности, обладающей большей биомассой, в принципе не отличается от запаса в растительности травянистых ценозов. Общая биомасса деревьев вовлекает ежегодно 2,7 % запаса ^{90}Sr в почве, из них 1,4 % приходится на древесину. Ежегодный возврат с опадом составляет 0,5 %, остальные 2,2 % аккумулируются (1,3 % — в древесине). Для лесонасаждений доля вовлекаемого в круговорот ^{90}Sr снижается до 0,8 % при ежегодном возврате с опадом 0,5 %.

ВОДОЕМЫ

На территории ВУРСа в границах 2 Ки/км² размещено 14 непроточных озер степного типа.

Основные процессы первоначального распределения радионуклидов в непроточных водоемах — осаждение с частицами взвесей и выпадающих солей, ионообменная и молекулярная адсорбция донными отложениями (при определенной десорбции), поглощение водными организмами и отложение на дне неживого вещества биогенного происхождения. Совокупность этих процессов характеризует скорость самоочищения воды. До достижения динамического равновесия в распределении радио-

нуклидов в озерах происходило достаточно быстрое самоочищение воды: концентрация радиоактивного вещества уменьшилась в 2 раза через 120—190 сут для ^{90}Sr , 18—110 сут для ^{106}Ru , 1—24 сут для ^{144}Ce . Из-за небольшой биомассы озера дальнейшее распределение почти полностью зависело от взаимодействия воды с донными отложениями (в основном сапропелевые илы и торфянистые отложения), обладающими высокой адсорбционной и ионообменной способностью. Спустя год около 90 % ^{90}Sr в озерах было сосредоточено в илах, через 3 года — около 96 %. В целом концентрация радиоактивных веществ в воде озер уменьшилась за 5—6 лет в 2 раза, а за 30 лет — более чем в 1500 раз.

ВОДНАЯ И ВЕТРОВАЯ МИГРАЦИЯ

Водный сток и ветровой перенос доминировали среди всех абигенных процессов миграции радиоактивного вещества.

Водный сток на территории следа, недостаточно интенсивный из-за ровного рельефа и умеренного количества осадков, аккумулируется в бессточных понижениях, котловинах озер и немногочисленных мелких реках. Поверхностный сток радиоактивных веществ в растворенной (ионной) и твердой формах определяется поверхностным водным стоком (около 80 % приходится на весенний период) и зависит от запаса радионуклидов в верхнем слое почвы и растворимости их в воде. Для его количественного выражения используют коэффициент, который равен отношению радиоактивности, ежегодно удаляемой стоком, к ее запасу на площади водосбора.

В первые 5—10 лет среднее значение коэффициента стока для ^{90}Sr составляло около 0,2 % в год, впоследствии заглупление радиоактивного вещества в почве уменьшало эту величину в 2 раза за 4—5 лет. В настоящее время коэффициент стока для ^{90}Sr составляет около 0,05 % в год. Доля «твердого» стока ^{90}Sr в общем поверхностном его стоке равна 10—60 %. Сток меняется в зависимости от состояния поверхности почвы: он был минимален для залесенной территории (10^{-3} % в год) и максимален для луга и пашни (0,3 % в год).

В целом поверхностный сток не привел к значимому перераспределению радиоактивного вещества на территории следа.

Грунтовый сток, который характерен для возвышенных, дренированных и незалесенных водоразделов и обусловлен прежде всего инфильтрацией атмосферных осадков,

на территории следа играет второстепенную роль — его коэффициент для ^{90}Sr в 10 раз меньше коэффициента поверхностного стока. Динамика руслового стока радиоактивных веществ на территории следа в целом повторяет динамику поверхностного стока, снизившись с 0,3 % в год в первое десятилетие до 0,05—0,1 % в год в настоящее время.

Общее количество радиоактивности, вынесенной с водным стоком с территории следа, составило 500 Ки, причем 60 % пришлось на первые 5 лет.

Ветровой перенос находящихся на поверхности почвы, растительности и других элементах ландшафта радионуклидов и их вторичное осаждение были наиболее интенсивными в начальный период, когда радиоактивное вещество еще слабо закрепилось на поверхности, и наблюдались преимущественно весной и осенью. Летом, когда поверхность зарастала травами, и зимой при снежном покрове ветровой перенос снижался в 10—100 раз.

Общий ежегодный ветровой перенос радиоактивного вещества составлял 0,1—1 % от запаса его на единицу площади в первый год и 10^{-3} — 10^{-2} % — впоследствии. В целом за первые 3 года так было удалено около 2 % запаса радионуклидов на единицу площади.

Измерения концентрации радиоактивного вещества в воздухе и интенсивности выпадений с осадками показали, что их максимум сосредоточился на расстоянии 0,5—1 км от оси следа в направлении господствующих ветров. Это так называемый ближний перенос, при котором выпадают крупнодисперсные фракции аэрозоля. Дальний перенос мелкодисперсных фракций наблюдается редко, и в целом концентрация радиоактивных веществ в воздухе на удалении более 10 км от границ следа в течение всего рассматриваемого периода (за исключением осени 1957 г. и весны 1958 г.) практически соответствовала «фоновым» значениям.

Водная и ветровая миграция не привели к дезактивации территории, изменению макроструктуры плотности ее загрязнения, смещению оси и границ следа. Их суммарный эффект в перераспределении радиоактивности составил 1—2 % от запаса вещества на площади следа в начальный период и доли процента в последующем. Изменение микроструктуры плотности загрязнения под влиянием водной и ветровой миграции, в частности накопление радиоактивного вещества на отдельных участках, в значительной мере компенсировалось радиоак-

Таблица 3
Коэффициенты накопления ^{90}Sr и ^{137}Cs в живых организмах сухопутных экосистем*

Организмы	Коэффициент накопления	
	по отношению к предшествующему звену	по отношению к почве
Беспозвоночные	0,5 2,4	0,2 1
Земноводные	3 0,75	0,45 0,75
Пресмыкающиеся	10 3	150 0,75
Птицы:		
растительноядные	45 0,5	20 0,25
хищные	3,5 0,4	50 0,1
Млекопитающие:		
мелкие грызуны	40 0,5	15 0,25
копытные	10 0,5	4 0,25
хищники	0,4 1	6 0,3

* Коэффициенты здесь и в табл. 4 приведены в расчете на сухое вещество; для позвоночных животных учтено содержание ^{90}Sr только в скелете.

Таблица 4
Коэффициенты накопления ^{90}Sr и ^{137}Cs в живых организмах водных и околоводных экосистем

Организмы	Коэффициент накопления	
	по отношению к предшествующему звену	по отношению к воде
Рыбы:		
растительноядные	3 0,4	450 130
со смешанным питанием	3 0,4	450 130
хищные	0,6 4	350 540
Птицы:		
растительноядные	4	3700
рыбоядные	0,2 0,8	150 100

тивным распадом выпавшей смеси, скорость которого составляла 40—65 % в год в 1957—1960 гг. и 2 % в год впоследствии.

ЖИВОТНЫЙ МИР

Содержание ^{90}Sr и ^{137}Cs в живых организмах, а также интенсивность перемещения этих радионуклидов с одного трофического уровня на другой определяются более сложными механизмами, чем в растениях и системе почва — растение. Вследствие этого в трофических цепях миграции ^{90}Sr и ^{137}Cs существуют организмы-концентраторы и организмы-дискриминаторы радионуклидов.

Общей количественной мерой концентрации радионуклидов в живых орга-

низмах является коэффициент накопления — отношение концентрации радионуклида в организме и предшествующем трофическом звене (или почве, как основном накопителе радионуклида). Установившиеся значения для сухопутных и водных организмов на территории ВУРСа приведены в табл. 3—4.

Суммарное вовлечение радионуклидов в биологический круговорот живыми организмами мало (на 2—3 порядка ниже, чем в растительных сообществах) из-за их малой биомассы.

В целом поведение ^{90}Sr и ^{137}Cs , определяющих загрязнение в настоящее время, принципиально не отличается от поведения других важных для питания растений и животных элементов.

Действие радиоактивного загрязнения на живую природу

Д. А. Спирин, Е. Г. Смирнов, Л. И. Суворова, Ф. А. Тихомиров

АВАРИЯ 1957 г. стала мощным импульсом к исследованиям влияния радиоактивного загрязнения на дикую растительность и животных — до этого радиобиологи располагали информацией лишь о медицинских, а не общеприродных или экологических аспектах действия ионизирующих излучений. С момента образования ВУРСа на его территории были начаты наблюдения за изменениями состояния и поведения организмов и их сообществ. Однако чтобы проверить и уточнить установленные при этом закономерности, приходилось проводить натурные, в том числе крупномасштабные, эксперименты с дополнительным облучением. Эти работы показали, что, как и следовало ожидать, при облучении природных экосистем обнаруживаются не только первичные радиационные эффекты (непосредственное влияние излучений на отдельные компоненты биогеоценозов), но и вторичные — опосредованные процессы, начало которым кладут первичные изменения. Взаимосвязь между ними во многом определяет устойчивость экосистем к облучению.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДОЗ

Дозы, полученные растениями и животными на территории ВУРСа, в основном

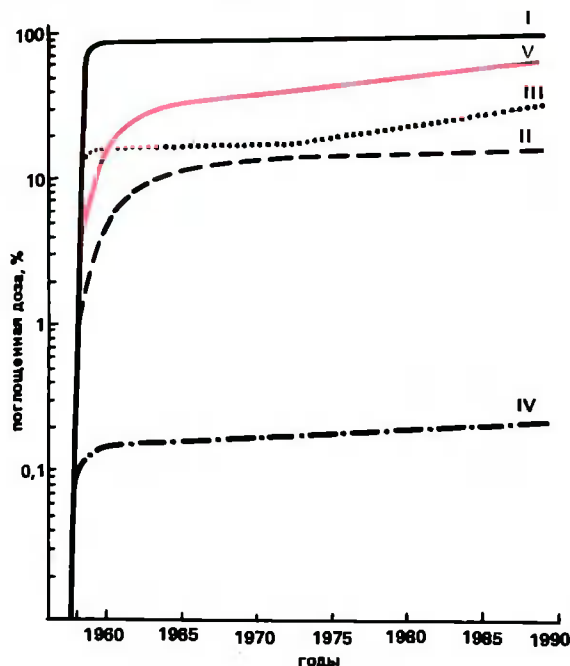
определялись тремя особенностями ситуации.

Во-первых, преобладающая доля энергии излучения (до 75 %) приходилась на β -частицы, а энергия таких частиц поглощается слоем биологической ткани толщиной несколько сантиметров. Поэтому распределение доз по различным компонентам биогеоценозов было близко к распределению радионуклидов в них.

Во-вторых, основной вклад в активность выпавшей смеси вносили радионуклиды с периодом полураспада менее года (^{95}Zr , ^{106}Ru , ^{144}Ce , а также их дочерние продукты), и лишь через 1—1,5 года после аварии главной стала роль долгоживущих радионуклидов — ^{90}Sr , ^{137}Cs и др. В результате накопление доз протекало в два этапа — в период начального, или «острого», облучения (первые 1—1,5 года) и в период отдаленного, или хронического, облучения, причем большая часть поглощенной дозы сформировалась в начальный период.

Наконец, радиоактивный выброс и значительная часть «острого» периода облучения пришлись на фазу физиологического покоя растений и многих видов животных, при которой восстановительные процессы в организмах заторможены. Поэтому степень радиационных повреждений определялась не столько мощностью дозы и динамикой режима облучения, сколько интегральной дозой, накопленной в органах и тканях.

Таким образом, основные радиобиологические эффекты (исключая генетические)



Динамика формирования доз облучения различных природных объектов: поверхности почвенно-растительного покрова на открытой местности (I) и под пологом леса (II), кром смешанного леса (III), воды озер (IV), донных отложений озер (V).

были вызваны дозой, накопленной в течение осени и зимы 1957/58 г. Они проявились весной 1958 г. при возобновлении метаболической активности организмов и обнаруживались несколько последующих лет. В дальнейшем, при хроническом облучении с невысокой мощностью дозы, наблюдались только генетические эффекты.

В «острый» период максимальному облучению подверглись деревья сосны, хвоя которых долго удерживала выпавшие радионуклиды, семена трав, а также почки возобновления и генеративные отпрыски растений, находившиеся на поверхности почвы или близко к ней. Спящие почки возобновления и семена трав получили за это время дозу до 40, хвоя сосны — до 20, меристема почек сосны — до 10, меристема почек березы — до 5, семена деревьев в кронах — до 4 рад (в расчете на плотность загрязнения 1 Ки/км²).

Среди млекопитающих и птиц наибольшие дозы накопили те виды, для которых было существенно не столько внешнее облучение, сколько облучение желудочно-кишечного тракта при потреблении загрязненной пищи. Исключением стали мышевидные грызуны. Поскольку размеры их тела сравнимы с длиной пробега β -частиц, к тому

же эти животные преимущественно обитают в почве и на ее поверхности и в поисках корма далеко не перемещаются, они получили максимальную дозу на все тело. В порядке возрастания полученных доз животные и птицы образуют следующий ряд: перелетные птицы, хищные млекопитающие, хищные зимующие птицы, зерноядные зимующие птицы, крупные травоядные, мышевидные грызуны.

Существенному облучению подверглись почвенные беспозвоночные — от 1 до 80 крэд (в зависимости от того, обитают они в самой почве или надпочвенной подстилке).

Дозы облучения организмов в водных экосистемах не превышали 2 рад (на 1 Ки/км²). В двух самых загрязненных водоемах следа дозы внешнего облучения рыб достигали 4 крэд.

РАДИАЦИОННЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Сегодня известно, что наиболее чувствительны к радиации хвойные деревья. Одно из первых практических доказательств этого было получено на территории ВУРСа. Именно у сосны весной 1958 г. проявились первые лучевые эффекты — сначала кончики хвой пожелтели, а затем полностью или частично усохли (в зависимости от полученной дозы). Кроме того, многие верхушечные и боковые почки облученных сосен не тронулись в рост, а из уцелевших образовались короткие и толстые пучки побегов с удлиненной хвоей.

На участках с плотностью загрязнения более 180 Ки/км², что соответствует накоплению за первый год в хвое дозы свыше 3—4 крэд, сосны к осени 1959 г. полностью погибли. Общая площадь таких участков со-

Летальные плотности загрязнения, поглощенные дозы и площадь погибшей растительности на территории ВУРСа

Тип сообщества	Летальная плотность загрязнения, Ки/км ²	Летальная доза, поглощенная почками за «острый» период, крэд	Площадь, км ²
Сосновый лес	180	4	до 20
Березовый лес	4000	20	до 5
Луговые (частично)	1500	20	до 15
Луговые (в целом)	4000	150—200	до 5



Типичное начало проявления лучевого поражения сосны. Процесс начинается с пожелтения кончиков хвои.



Погибшее дерево сосны. Хвоя кроны усохла и частично опала.

ставила около 20 км^2 . Гибель сосны под действием радиации наблюдалась и при аварии на Чернобыльской АЭС («рыжий лес»).

На других участках, где поглощенные дозы в кронах деревьев превышали $0,5$ крэд (плотность загрязнения свыше 40 Ки/км^2), радиационное повреждение сосны выражалось в пожелтении, усыхании и опадении части хвои, дефектах развития новой хвои, снижении прироста побегов и ствола, разнообразных физиологических и морфологических нарушениях, снижении жизнеспособности семян и пыльцы, фенологических сдвигах (задержке сроков пробуждения почек, цветения и др.). Эти нарушения отмечались в течение двух лет после образования следа.

Березовые леса оказались значительно более устойчивыми к радиоактивному загрязнению. Они полностью погибли только на участках с максимальной плотностью загрязнения — 4000 Ки/км^2 , где меристема почек за «острый» период получила дозу свыше 20 крэд. При более низких дозах у берез усыхал верхний ярус кроны, листья

оказывались недоразвиты, в течение 4 лет после аварии отмечались фенологические сдвиги (задержка распускания листьев и цветения, преждевременный листопад). Площадь территории, где наблюдались радиационные повреждения березы, составила 17 км^2 .

Различия устойчивости сосновых и березовых лесов к радиационному загрязнению объясняются двумя причинами. Во-первых, сама по себе радиочувствительность сосны выше. Во-вторых, поглощенная доза была значительно больше в кронах сосен, чем берез, из-за длительного пребывания радионуклидов на хвое (березы сбросили зараженные листья в осенний листопад вскоре после аварии). Вот почему гибель деревьев березы могла происходить при плотности радиационного загрязнения примерно в 70 раз более высокой, чем гибель сосны, а гибель аналогичных критических органов дерева — в 5 раз более высокой.

Среди трав, как уже говорилось, наиболее пострадали многолетние растения, почки возобновления которых расположены невысоко над поверхностью почвы.



Обследование пораженных участков леса с подъемника.

На участках с плотностью загрязнения свыше 1500 Ки/км^2 (поглощенная за «острый» период доза в почках — более 20 крад) эти виды исчезли; их место заняли растения с почками возобновления, погруженными в почву. Этот процесс длился 3—4 года, а затем начался медленный обратный процесс.

При уровнях загрязнения менее 1000 Ки/км^2 взрослые растения не гибли, но семена многих видов утратили всхожесть. Кроме того, у отдельных видов растений в течение 2—3 лет отмечались морфологические изменения — гигантизм, хлороз, посинение и скручивание листьев, уменьшение числа зерен в колосе.

Если в луговых сообществах с простой структурой изменения были обусловлены в основном прямым действием облучения (первичные эффекты), то в лесных они представляли сочетание первичных и вторичных эффектов. На тех участках, где после усыхания крон деревьев гибли, под их пологом менялся микроклимат, прежде всего освещенность и увлажнение. Так, в сильно поврежденных смешанных лесах освещен-

ность почвы увеличилась в 5 раз, количество поступающей к ней влаги — в 1,5—2 раза. К тому же из-за запаздывания появления листьев на березах весной значительно удлинился световой день в нижнем ярусе леса. Все это способствовало интенсивному размножению травянистой растительности, общая масса которой стала в 3—5 раз больше, чем в незагрязненных лесах.

ДЕЙСТВИЕ ОБЛУЧЕНИЯ НА ФАУНУ

Самая многочисленная группа животных на территории следа — беспозвоночные. Сокращение численности и гибель под действием радиации замечена только у видов с долгой продолжительностью жизненного цикла и длительной фазой развития, протекающей в лесной подстилке, дернине или поверхностном слое почвы. Наиболее сильно эти эффекты проявились у дождевых червей, многоножек и панцирных клещей при плотности загрязнения свыше 100 Ки/км^2 (доза более 600 рад за «острый» период).

Гораздо слабее были выражены радиационные изменения у летающих насекомых, способных быстро расселяться на большой территории, или у беспозвоночных, имеющих укрытие. В частности, не замечено угнетающего действия радиации на муравьев, хотя они основную часть жизни проводят на поверхности лесной подстилки.

Как показывают расчеты, птицы и млекопитающие осенью и зимой 1957/58 г. могли получить летальные дозы только при постоянном обитании на участках с плотностью загрязнения свыше 1000 Ки/км^2 .

Поскольку подавляющая часть птиц, обитающих на территории следа, относится к перелетным, а авария произошла осенью, можно полагать, что воздействие радиоактивного загрязнения на них началось лишь с весны 1958 г., когда мощность дозы в кронах деревьев снизилась в 10 раз. По расчетам, поглощенная доза в теле птиц за лето 1958 и 1959 гг. не превысила 100—200 рад, что значительно ниже летальных значений (800—1000 рад). Гибели птиц как в эти, так и в последующие годы не зарегистрировано, а их численность не зависела от плотности загрязнения. Единственный факт, который может быть объяснен влиянием облучения, — уменьшение числа птичьих гнезд в 1958 г. в лесах с уровнем загрязнения более 2000 Ки/км^2 . К сожалению, информацией о птицах, зимовавших в 1957/58 г. на территории следа, мы не располагаем.

Среди млекопитающих, обитавших на загрязненной территории, наибольшее раз-

нообразии радиационных эффектов наблюдалось у мышевидных грызунов. При плотности загрязнения свыше 1000 Ки/км^2 (мощность дозы в «острый» период более 10 рад/сут) увеличилась смертность и снизилась продолжительность жизни особей. Такие первичные эффекты облучения, наблюдавшиеся в течение 10—15 лет, привели к вторичным нарушениям — изменению структуры популяций, ослаблению защитных реакций. Например, в первые годы после аварии увеличилась численность кровососущих эктопаразитов, обитающих на грызунах, снизилась подвижность животных.

Однако через 15 лет, когда сменилось около 30 поколений животных, их популяции на загрязненных участках по всем показателям сравнялись с остальными. При этом у популяций, обитающих на территории ВУРСа, возросла радиоустойчивость (произошла так называемая радиоадаптация), что выявилось в специальных опытах с дополнительным облучением. Летальные дозы для животных, обитающих на следе, оказались в 1,3 раза выше, чем для контрольных.

В популяциях других млекопитающих (лось, косуля, волк, рысь, заяц) подобных радиационных эффектов не замечено. Можно предположить, что их численность сократилась в «острый» период на территории с высокой плотностью загрязнения, однако экспериментально это не подтверждено. Даже если такое сокращение имело место, оно быстро компенсировалось за счет притока животных со стороны, особенно после запрета охоты на них в зоне следа. Более того, в последующие годы численность зайцев, косуль и лосей резко увеличилась благодаря выведению загрязненной территории из обычного хозяйственного оборота и ослаблению факторов беспокойства животных.

Для обитателей озер следа поглощенные дозы за «острый» период составили примерно 1—2 крэд, причем мощность дозы снижалась со скоростью, превосходящей скорость радиоактивного распада, благодаря оседанию радионуклидов в толщу донных отложений.

Наиболее уязвимым звеном водных экосистем оказались растительноядные рыбы (каarp, карась) — зимой они залегают в ил, а это приводит к дополнительному облучению тела. Дозовые нагрузки на икру этих рыб достигли летальных значений ($\geq 1 \text{ крэд}$), что вызвало временное (на 2—3 года) сокращение воспроизводства этих рыб. Начавшиеся с 1960 г. контрольные отловы карася и карпа уже не выявили сокращения их

численности или существенных нарушений в структуре популяций.

На остальных, менее уязвимых звеньях водных экосистем (планктон, растительность, беспозвоночные) вредного влияния облучения не обнаружено.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РАДИАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ

Радиационные эффекты, о которых шла речь, в основном не были связаны с облучением генетических структур организмов. Такие эффекты успевают развиться и проявиться за несколько лет после начала облучения, после чего частично или полностью компенсируются восстановительными процессами. Проявление же генетических (наследственных) эффектов требует несравнимо большего времени.

В первые годы после образования ВУРСа отечественная генетическая наука, в том числе радиационная генетика популяций, еще переживала трагический период своего развития. Исследования генетических нарушений в такой уникальной природной лаборатории, какой, к сожалению, стала территория следа, начались лишь через 5 лет после аварии, т. е. уже в период относительно низкого хронического облучения. Поэтому для восстановления полной картины помимо непосредственных наблюдений требовались и специальные эксперименты.

Проведенные исследования убедительно показали, что радиоактивное загрязнение привело к увеличению темпов мутационных процессов в популяциях растений и животных. По мере снижения мощности поглощенной дозы происходило и снижение скорости мутационных процессов, часть которых, в частности абберации (повреждения структуры) хромосом, быстро вышла на стационарный уровень, а другая, например биохимические мутации (изменения структуры отдельных белков), не достигла его даже сейчас. Это свидетельствует о длительности процессов генетической перестройки.

Для популяции в целом учащение большинства мутаций не играет существенной роли вследствие их быстрого уничтожения в ходе естественного отбора. Однако некоторые генетические изменения (скажем, те же биохимические мутации) могут накапливаться из поколения в поколение, особенно при длительном хроническом облучении в низких дозах. На территории следа это обнаружено у двух видов растений — вальсика шероховатого и сосны обыкновенной, произрастающих на участках с плотностью загрязнения от единиц до десятков Ки/км^2 .

При мощности дозы в генеративных органах этих растений до десятых долей мрад/сут частота биохимических мутаций увеличивалась в несколько раз по сравнению с естественным уровнем, причем эта частота росла не прямо пропорционально поглощенной дозе. Повышенная частота наблюдалась при наименьших мощностях доз в исследуемом диапазоне. Этому факту пока трудно дать окончательное объяснение. У быстро размножающихся животных (таких, как мыши полевки), обитавших на участках с плотностью загрязнения от 100 до 1000 Ки/км², частота мутаций также возросла в 1,5—2 раза по сравнению со спонтанной.

Вопрос о последствиях накопления биохимических мутаций в природных популяциях, которое наблюдается и сейчас на отдельных участках следа, остается открытым — на него генетика популяций пока вообще не ответила. Очевидно лишь, что никаких уродств генетической природы,

т. е. закрепленных в потомстве резких патологических отклонений от традиционного внешнего вида и поведения, на территории следа не обнаружено.

Подводя итоги, можно утверждать, что результаты 30-летних исследований на территории ВУРСа свидетельствуют о высокой радиоустойчивости природных экосистем. Для тяжелых и необратимых нарушений сообществ требуются дозы, значительно повышающие летальные для отдельных организмов какого-либо вида. Единственным исключением являются, по-видимому, хвойные леса, которым на территории следа нанесен наиболее сильный урон. В остальном произошло полное восстановление всех поврежденных сообществ и экосистем. В настоящее время биологические характеристики даже наиболее загрязненной части ВУРСа не отличаются от характеристик окружающих районов.

Облучение населения и медицинские последствия аварии

Г. Н. Романов, Л. А. Булдаков, В. Л. Шведов

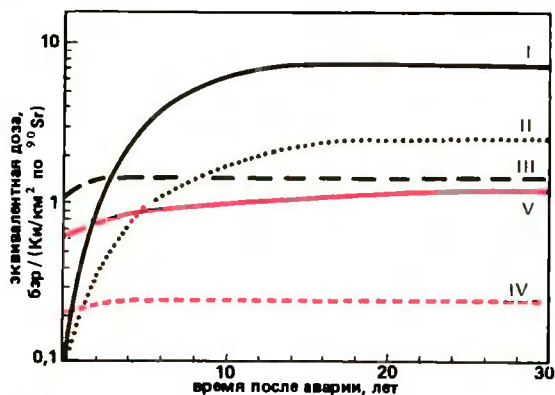
В ОТСУТСТВИЕ опыта крупных радиационных аварий (до 1957 г.) первое, что предстояло сделать радиобиологам и медикам, это разработать стратегию и тактику радиационной защиты населения на обширной территории радиоактивного следа.

Прежде всего необходимо было определить величины внешнего γ -облучения от проходящего облака, загрязнения почвы и среды обитания, в том числе одежды, а также внутреннего облучения от радиоактивных веществ, поступающих в организм с воздухом, пищей и водой. В момент образования облака и начальный (острый) период существования следа (1—1,5 года) преобладало внешнее облучение, позднее — внутреннее. За время прохождения облака внешнее облучение составило 0,13 мбэр. Наибольшее радиационное воздействие пришлось на жителей трех близлежащих к предприятию деревень. Это послужило основанием для их экстренной эвакуации: в первые 10 сут 1100 человек отселили в безопасные места (менее 0,1 Ки/км²), обеспечили жильем и работой (личное иму-

щество и скот были уничтожены, а материальные убытки возмещены).

Дальнейшая эвакуация, которая в острый период была основной мерой радиационной защиты, проводилась в соответствии с радиационной обстановкой (см. табл. 1). По мере уточнения радиационной обстановки были разработаны допустимые дозы радиоактивного загрязнения продуктов и окружающей среды, намечены основные меры радиационной защиты; которые в основном пришлось на начальный период аварии.

За 30 лет, прошедших после аварии, из общей дозы внешнего облучения (260 мбэр) более половины получено в первые 120 сут, около 90 % — в первые два года. В острый период максимальные дозы внутреннего облучения пришлось на желудочно-кишечный тракт, поскольку пища, потребляемая населением (за исключением молока), была загрязнена ¹⁴⁴Ce, ⁹⁵Zr, ¹⁰⁶Ru и дочерними продуктами. Из дозы облучения желудочно-кишечного тракта (2 бэр за 30 лет) 12 % накоплено в первые 10 сут, 80 % — в первый год. В острый период существенно увеличилась и доза облучения костной ткани и красного костного мозга за счет отложения ⁹⁰Sr: от 9 и 3 за первый месяц до 720 и 220 мбэр за первый год.



Динамика формирования доз облучения населения. Кривая I соответствует эквивалентной дозе облучения кости, II — красного костного мозга, III — желудочно-кишечного тракта, IV — внешнего облучения, V — организма в целом.

Исходя из принятого допустимого поступления ^{90}Sr в организм (1,4 мКи/год — за счет дыхания и воды) и отсутствия возможности снабжать население чистыми продуктами, необходимо было организовать радиационный контроль на площади около 1000 км² (50 населенных пунктов). Для этого спустя 3 мес после аварии начали работать 8 вновь организованных радиологических лабораторий. За первые два года было забраковано и уничтожено более 6 тыс. т сена, 3 тыс. т зерна, тысячи тонн картофеля, овощей, молока, мяса и яиц. Однако контроль оказался неэффективным как по объему контролируемой продукции, так и по срокам исполнения. Поскольку полностью заменить загрязненные продукты не представлялось возможным, была предпринята дополнительная эвакуация населения с территории, на которой плотность загрязнения превышала 4 Ки/км². Отселение началось че-

рез 8 мес и закончилось через 1,5 года после образования следа. Всего (вместе с экстренным отселением) было переселено более 10 тыс. человек из 23 населенных пунктов. Экстренное отселение позволило снизить потенциальную дозу внешнего облучения за 30 лет в 77 раз (костной ткани красного костного мозга — в 500), эффективную эквивалентную дозу — почти в 100 раз. Плановое отселение уменьшило потенциальную дозу на 20 % для кости и на 40—90 % для красного костного мозга.

На территории следа, где плотность загрязнения превышала 4 Ки/км², была создана санитарно-охранная зона площадью около 700 км², охраняемая милицией. На этой территории вплоть до 1961 г. исключалась любая хозяйственная деятельность.

Специальные механизированные отряды дезактивировали населенные пункты и сельскохозяйственные угодья. В первые 1,5 года перепахано около 20 тыс. га в головной и промежуточной частях следа, что значительно снизило радиационное загрязнение.

Начиная со второго года после аварии внутреннее облучение населения формировалось в основном за счет ^{90}Sr , содержащегося в продуктах местного происхождения. Так, поступление его в организм составило: с молоком — 50—70 %, с мясом — 5—25 %, с картофелем и овощами — 15—45 % от общего рациона. В последующем это соотношение почти не менялось. Однако в результате принятых мер и природных процессов, влияющих на накопление ^{90}Sr в растениях, радиоактивность продуктов снизилась и уменьшается каждые 5,5 лет вдвое.

Таким образом, внутреннее облучение за счет отложения ^{90}Sr в скелете со временем уменьшалось. За 30 лет доза на

Таблица 1

Динамика эвакуации и дозы облучения населения до эвакуации

Группа и численность населения, тыс. чел.	Средняя плотность загрязнения территории, Ки/км ²	Сроки эвакуации, сут	Средняя доза, бэр	
			внешнее облучение	эффективная эквивалентная доза*
А 1,15	500	7—10	17	52
Б 0,28	65	250	14	44
В 2	18	250	3,9	12
Г 4,2	8,9	330	1,9	5,6
Д 3,1	3,3	670	0,68	2,3

Всего: 10,73

* Эффективная эквивалентная доза — сумма (по всем органам) произведений эквивалентной дозы на орган и взвешивающего фактора стохастического риска для этого органа. Эквивалентная доза — произведение поглощенной дозы на коэффициент качества излучения.

костную ткань достигла 8 бэр, на красный костный мозг — 2,6 бэр; половина этих доз была сформирована за первые 6—7 лет. Эффективная эквивалентная доза за 30 лет составила 1,2 бэр, причем на внешнее облучение тела и внутреннее облучение костной ткани и красного костного мозга приходится по 20 % от нее.

Меры радиационной защиты населения, проведенные в поздний период, были направлены главным образом на снижение поступления ^{90}Sr в организм за счет уменьшения радиоактивного загрязнения продукции, производимой в личных и общественных хозяйствах¹. Предельно допустимые нормы поступления ^{90}Sr в организм составляли 0,32 мкКи/год.

Улучшение радиационной обстановки в целом и принятые меры радиационной защиты населения позволили сократить площадь санитарно-защитной зоны уже в 1962 г. до 200 км². Снятие охраны и ограничений (кроме использования пастбищ и сенокосов) с 80 % территории следа (в границах 2 Ки/км²) не привело к беспокойству населения.

Медицинский контроль за состоянием здоровья населения начался через год после аварии. Осмотр специалистами, биохимические исследования крови, электрокардиографическое обследование, контроль артериального давления и частоты сердечных сокращений не выявили достоверных отклонений от контрольной группы, не подвергшейся действию радиации.

Население, получившее максимальное лучевое воздействие, было сравнительно молодого возраста: 45 % — до 17 лет, 39 % — от 18 до 49 лет и 16 % — свыше 50 лет.

Среди жителей населенных пунктов в головной части следа клинических проявлений лучевой болезни не наблюдалось. Обследование населения показало, что до 75 % было практически здорово, а у остальных 25 % обнаружены различные соматические заболевания, причем более половины составляли заболевания сердечно-сосудистой системы и почти 30 % — болезни органов дыхания.

Позже среди находившихся под медицинским контролем была выделена критическая группа, у которой радиационное воздействие пришлось на период формирования и становления организма, а дозы облучения оказались наибольшими: треть из них

была практически здоровой, у остальных обнаружены очаги хронической инфекции. Особенности в заболеваемости облученных по сравнению с контрольным контингентом не выявлено, в том числе и по онкологическим заболеваниям.

Одним из чувствительных критериев поражения при действии ионизирующих излучений служит ранняя детская смертность и внутриутробные аномалии развития. Весьма определенные данные получены при анализе ранней детской смертности в первые годы после аварии. Хотя в те годы детская смертность была высокой, принципиальных отличий по сравнению с контролем не обнаружено (см. табл. 2). За 35 лет у потомства населения, живущего на территории ВУРСа, зарегистрировано 25 случаев смерти от врожденных аномалий: в первой группе на 10 270 чел., проживающих на территории с плотностью загрязнения 1—2 Ки/км², — 10 случаев, во второй на 23 230 чел. (0,1—1 Ки/км²) — 25, в контрольной группе из 21 537 чел. (0,1 Ки/км²) — 39 случаев. Неодинаковая детская смертность, видимо, связана не с радиационным воздействием, а вызвана неодинаковым медицинским обслуживанием новорожденных.

Отдаленные последствия изучались параллельно в облученной и контрольной группах, а также у проживающих в зоне действия предприятий атомной промышленности. Под наблюдением находилось более 100 тыс. чел (см. табл. 3). Все наблюдавшиеся были разделены на три группы: в первую вошли получившие максимальную дозу (из групп А, Б, В), во вторую — часть из групп Г и Д, в третью — часть населения, проживающая на территории следа.

За весь период наблюдения в первой группе умерло 272, во второй — 2760, в третьей — 6578 и в контрольной — 5873 (что

Таблица 2

Смертность в возрасте до 1 года на 1 тыс. новорожденных

Причины	На территории следа	На границе следа	Контроль
Расстройство питания	15,2±2,8	12,3±3	5±1
Пневмония	1,7±1,0	3,1±1,5	16,1±1,8
Инфекции	1,6±0,9	2,3±1,3	3,0±0,8
Болезнь новорожденных	8,7±2,2	13,8±3,2	14,5±1,7
Все причины	27,7	31,4	28,6

¹Подробнее см. в этом номере: Романов Г. Н., Тепляков И. Г., Шилов В. П. Восстановление хозяйственной деятельности.

Таблица 3

Численность облученных и средние дозы облучения

Группа	Число обследо- ванных	Длитель- ность облучения	Средние дозы, бэр					Эффективная эквива- лентная доза
			Внешнее облуче- ние	Внутреннее облучение				
				Желудочно- кишечный тракт	Легкие	Красный костный мозг	Костные по- верх- ности	
1	1 054	10 сут	17	150	2,7	0,5	0,7	52
2	10 720	30 лет	0,4	2	0,2	3,8	5,7	2
3	23 230	»	0,1	0,7	0,1	0,7	1,0	0,4
К	21 537	»	—	—	—	—	—	—

составило в среднем на 1 тыс. чел. за 1 год 9,5; 11,5; 11 и 10,9 %). Как видно, различий с контролем нет.

Вместе с тем возрастные показатели смертности существенно отличаются от контроля в возрасте до 4 лет и старше 60. Однако связь с дозой облучения не найдена. Так, до 1 года в первой группе смертность на 1 тыс. новорожденных составила — 9,1, во второй — 3,2, в третьей — 6,3, в контрольной — 5,2 %; от 1 до 4 лет — 1,37; 0,17; 0,5 и 0,33 %; а после 60 лет — 3,92; 5,14; 4,31; 4,69 %. Во всех остальных возрастных категориях различий между группами нет.

Обращает внимание, что среди 272 умерших из первой группы рак стоит не на втором месте после сердечно-сосудистых заболеваний (как обычно), а на третьем после травм и несчастных случаев. Другая особенность — преобладание смертности от инфекционных заболеваний над смертностью от заболеваний органов дыхания.

Наибольший интерес представляет анализ смертности от злокачественных опухолей, поскольку в отдаленном периоде это главное проявление предшествующего облучения. Наиболее высокие (на грани достоверности) показатели смертности отмечены у жителей второй группы (табл. 4). Однако недостаточная выборка не позволяет сделать вывод о существенной разнице между наблюдаемыми величинами. В структуре новообразований на протяжении всего периода наблюдения наибольшее место занимал рак органов пищеварения, а среди них рак пищевода, а также лимфатической системы и кроветворной ткани (табл. 5).

Анализ причин онкологической заболеваемости в связи с радиационной аварией впервые позволил скорректировать частоты диагностированных опухолей в зависимости от нескольких факторов внешнего воздействия. Так, в Челябинской области никакой связи между заболеваемостью и мощностью дозы не обнаружено, зато установлена хо-

Таблица 4
Смертность от злокачественных опухолей

Группа	Число случаев
1	25
2	376
3	775
К	707

Таблица 5
Смертность от злокачественных новообразований на 100 тыс. чел.

Основные локализации	Группы			
	1	2	3	К
Пищевод	26,5	8,2	11,3	12,1
Желудок	35,3	45,1	32,4	44,3
Другие органы пищеварения	8,8	30,7	20,9	22,4
Органы дыхания	17,7	29,5	24,9	26,4
Кости	0	3,1	0,9	2,4
Кожа, полость рта	0	7,5	1,4	4,5
Молочная железа	4,4	4,4	2,1	4,2
Тело и шейка матки	0	13,1	9,6	10,8
Другие мочеполовые органы	4,6	9,4	6,6	7,6
Лимфатическая и кроветворная ткань	13,2	5,0	5,2	4,7

рошая корреляция частоты заболеваний и выбросов в атмосферу SO_2 . Хотя SO_2 не канцероген, но как показатель общей химической загрязненности он весьма удобен. Если выбросов SO_2 нет, уровень заболеваемости составляет 225 случаев, при выбросах 50, 100 и 150 тыс. т/год — 250, 275 и 300 случаев на 100 тыс. чел. в год. Поэтому в Челябинской области смертность от злокачественных заболеваний связана не с радиоактивным загрязнением, а с выбросом токсичных веществ металлургическими и химическими заводами.

Были проведены демографические исследования среди облученных в разном воз-

расте. У лиц, получивших небольшую дозу, систематических отклонений не обнаружено. Однако у родителей, которые на момент аварии были новорожденными, количество детей было достоверно снижено приблизительно на 10 % по сравнению с контролем (табл. 6).

Люди более старшего возраста, наоборот, вступали в брак чаще, чем в контроле, а количество детей в таких семьях либо не отличается от контроля, либо несколько меньше. Вместе с тем рождаемость среди отселенного населения была выше, чем по области в целом, что объясняется, по-видимому, лучшими условиями жизни, чем у остального сельского населения области. Может быть, сказываются какие-то другие факторы, типа национальных особенностей.

В заключение следует отметить, что состояние здоровья, заболеваемость и смертность населения, находившегося в зоне радиационного воздействия (эффективная

Таблица 6

Вступление в брак и наличие детей у облученных

Возраст на момент аварии, лет	Численность	Число вступивших в брак, %	Число имеющих детей, %
до 1 года	56	91	84
1—9	295	93	90
10—19	203	93	93
20—29	201	95	91
30—59	308	98	98
Контроль (в целом по СССР)		81,9—82,6	94,6

эквивалентная доза от 1 до 52 бэр при дозе на отдельные органы до 150 бэр), не отличаются от соответствующих показателей в контрольной группе.

Восстановление хозяйственной деятельности

Г. Н. Романов, И. Г. Тепляков, В. П. Шилов

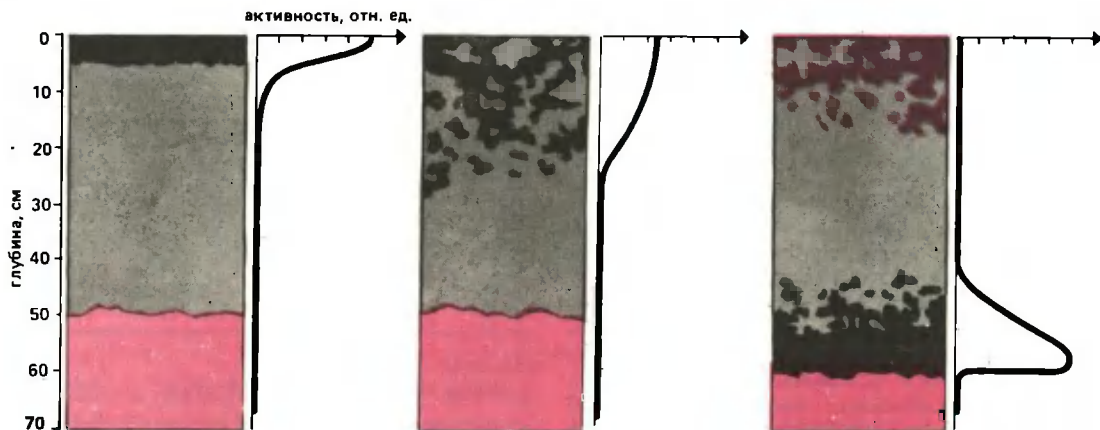
ПОСЛЕ установления границ ВУРСа в 1958 г. из хозяйственного использования было выведено 59 тыс. га в Челябинской области и 47 тыс. га в Свердловской области. Из этих 106 тыс. га примерно 55 % составляли селхозугодья, причем на пашню приходилось до 30 %. Поэтому естественно, что наряду с необходимостью неотложных мер по радиационной защите населения столь же остро встала проблема возвращения загрязненной территории в хозяйственное использование, в том числе восстановление на ней сельскохозяйственного производства. Для ее решения в первую очередь нужно было научно обосновать саму возможность восстановления хозяйственной деятельности и проверить на практике рекомендуемые приемы, меры и системы ведения отдельных отраслей хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения территории.

Главным условием в выполнении поставленной задачи было достижение допустимых уровней содержания ^{90}Sr в получаемой продукции. Ведь ^{90}Sr был основным долгоживущим радионуклидом выпавшей смеси, который и определял длительное существование загрязненной территории.

Для разработки научно-практических рекомендаций по восстановлению хозяйственной деятельности на территории ВУРСа в 1958 г. была создана Опытная научно-исследовательская станция, научным руководителем которой стал академик ВАСХНИЛ В. М. Клечковский. В этой работе также участвовали Филиал № 4 Института биофизики Минздрава СССР и ряд других ведомственных и академических научных организаций.

Чтобы упростить опытную проверку разрабатываемых мер и приемов, а также будущую организацию сельскохозяйственного производства на тех землях, где возможность его ведения была научно и практически подтверждена, вместо существовавших до аварии мелких хозяйств были созданы специализированные совхозы: четыре — в Челябинской области (впоследствии их число увеличилось до шести), три — в Свердловской области. Территориально они размещались в границах плотности загрязнения 2—100 Ки/км², однако в сферу их землепользования были включены земли и вне пределов ВУРСа.

Очевидно, что для научного обоснования возможности ведения сельскохозяйственного производства на загрязненных угодьях требовались сведения о закономерностях поведения ^{90}Sr и других радионукли-



Структура почвы и распределения радиоактивности в ней при различных способах обработки. Слева — необработанная почва. Вся активность сосредоточена в верхнем 5-сантиметровом гумусовом слое (показан черным). В середине — почва, подвергнутая обычной вспашке. Верхний 5-сантиметровый слой распределен равномерно в пахотном горизонте на глубине 25—30 см. Справа — почва, подвергнутая глубокой вспашке. Верхний слой захоронен на глубину более 50 см, а его место занял вывернутый из-под пахотных горизонтов слой почвы (показан цветом).

дов в окружающей среде, в том числе в цепи почва — сельскохозяйственное растение — продукция растениеводства — сельскохозяйственные животные — продукция животноводства. А в то время они носили отрывочный, бессистемный характер. Поэтому первое, к чему приступили исследователи на территории ВУРСа, было комплексное изучение поведения ^{90}Sr в этой цепи, выявление тех ее звеньев, которые характеризуются наибольшими и наименьшими уровнями накопления ^{90}Sr , оценка условий, влияющих на интенсивность миграции и поступление ^{90}Sr в каждое из звеньев цепи.

Результатом этой работы, на которую ушло несколько лет, стало установление основных факторов и закономерностей, которые определяют поведение ^{90}Sr на загрязненной территории, включающей сельскохозяйственные угодья.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Основным фактором, определяющим содержание ^{90}Sr во всех звеньях сельскохозяйственной цепи при главенствующей роли корневого поступления ^{90}Sr в сельскохозяйственные растения, включая естественные травы, является плотность радиоактивного

загрязнения территории: чем она выше, тем больше концентрация ^{90}Sr в продукции растениеводства и животноводства, получаемой на этих угодьях.

Вместе с тем на уровни накопления ^{90}Sr в растительной продукции влияют агрохимические характеристики почвы, в первую очередь содержание в ней обменного кальция — неизотопного химического аналога ^{90}Sr . Поскольку у растений практически отсутствует селективность при поглощении стронция или кальция, усвоение ^{90}Sr обратно пропорционально содержанию обменного кальция в почве, причем вклад этого фактора в корневое поступление ^{90}Sr почти в 40 раз превышает суммарное влияние всех других почвенных факторов. Что же касается результирующих уровней содержания ^{90}Sr в различной растительной продукции, то они определяются потребностями растений или их продуктивных органов в кальции и, следовательно, в ^{90}Sr .

В. М. Ключевским и его учениками, в первую очередь Е. А. Федоровым, было предложено прогнозировать накопление ^{90}Sr в урожае по численному значению универсального комплексного показателя Π_k , представляющего собой отношение концентрации ^{90}Sr в растениях в расчете на единицу массы кальция в них к так называемой эффективной плотности загрязнения, определяемой, в свою очередь, отношением плотности загрязнения σ к содержанию обменного кальция в почве:

$$\Pi_k = \frac{{}^{90}\text{Sr}_{\text{раст}} [\text{Ки/кг}] : \text{Ca}_{\text{раст}} [\text{г/кг}]}{\sigma [\text{Ки/км}^2] : \text{Ca}_{\text{почв}} [\text{мг-экв/100 г}]}$$

Установленные экспериментально численные значения Π_k для большинства видов продукции растениеводства оказались универсальными для разных типов почв и позво-

лили с большой надежностью оценивать ожидаемые уровни загрязнения продукции при разной плотности загрязнения, если известны значения содержания кальция в растениях и почве:

$$^{90}\text{Sr}_{\text{раст}} = \sigma \Pi_{\text{к}} \frac{\text{Ca}_{\text{раст}}}{\text{Ca}_{\text{почв}}}.$$

Определение численных значений показателя Ключковского позволило установить, что при одинаковой плотности радиоактивного загрязнения угодий наиболее пораженной из всей продукции растениеводства оказывается трава (сено) с естественных угодий (сенокосов, пастбищ). Меньше всего ^{90}Sr концентрируется в картофеле и корнеплодах. Промежуточное положение занимают зерновые и бобовые культуры. Различия в накоплении ^{90}Sr урожаем разных культур могут в целом достигать 300 раз. С учетом этих особенностей и были сформулированы основные принципы использования загрязненных сельскохозяйственных угодий:

— при равной плотности радиоактивного загрязнения предпочтение следует отдавать производству картофеля, корнеплодов и зерна; наиболее неблагоприятно использование естественных угодий для выпаса скота и заготовки сена;

— при наличии существующих градиентов плотности радиоактивного загрязнения под картофель, корнеплоды и зерно могут быть выбраны земли с более высокой плотностью загрязнения, чем планируемые к использованию естественные угодья.

Что касается животноводства, то здесь были выявлены следующие закономерности. Содержание ^{90}Sr в организме сельскохозяйственных животных и получаемой от них продукции находится в прямой пропорциональной зависимости от уровня содержания ^{90}Sr в их кормовом рационе, в целом подчиняясь закономерностям минерального обмена веществ. ^{90}Sr , являясь остеотропным нуклидом, откладывается преимущественно в скелете животных, где прочно связывается с минеральным веществом кости. В результате скорость его выведения из скелета очень мала. Этим обусловлено длительное пребывание ^{90}Sr в организме, а также длительное его выделение с молоком (этот фактор усиливается при хроническом, на протяжении жизни животного, поступлении ^{90}Sr в организм).

В отличие от растений, которые при корневом усвоении не обнаруживают избирательности в отношении кальция и стронция, организм животных различает эти эле-

менты по химической природе, отдавая предпочтение кальцию. В результате оказывается, что в расчете на единицу поступающего кальция мышечная ткань в 2,5 раза «чище», чем кормовой рацион, молоко — в 10 раз. Однако из-за больших различий в содержании кальция в органах и тканях животных (например, у крупного рогатого скота среднее содержание кальция составляет 150, 1 и 0,1 г/кг соответственно в скелете, молоке и мышечной ткани) наименее загрязненной ^{90}Sr продукцией (при использовании угодий с одинаковой плотностью загрязнения) является мясо (мягкие ткани), а молоко оказывается примерно в 40 раз грязнее. Поэтому среди отраслей животноводства наиболее благоприятным признано производство мяса. В целом при одинаковом радиоактивном загрязнении сельскохозяйственных угодий животноводство позволяет получать продукцию со значительно меньшей концентрацией ^{90}Sr .

Вся информация, полученная в результате предпринятых исследований поведения ^{90}Sr в сельскохозяйственной цепочке, — здесь изложена в самом общем виде только малая ее часть — послужила научной основой для разработки практических рекомендаций и принципов восстановления сельскохозяйственного производства на выведенных из сельскохозяйственного оборота землях. Эффективность предложенных мер в конечном счете была продемонстрирована их реализацией на территории ВУРСа силами специализированных совхозов.

ПРАКТИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

В зависимости от предназначения и способов осуществления практические рекомендации, вырабатываемые и уточняющиеся параллельно с исследованиями, подразделялись на агрономелиоративные, агротехнические, зоотехнические и хозяйственные.

Из агрономелиоративных приемов наиболее эффективной оказалась первичная деактивация почвы с захоронением верхнего загрязненного ее слоя в подпахотные горизонты (глубокая вспашка). Для ее осуществления были разработаны специальные почвообрабатывающие орудия: переоборудованный плуг и плуг — переместитель почвенных горизонтов. Переоборудованный плуг обеспечивает захоронение загрязненного слоя на глубину 30—40 см, снижая тем самым концентрацию ^{90}Sr в пахотном слое

на 80 %, плуг — переместитель горизонтов — на глубину 30—70 см при снижении концентрации ^{90}Sr до 10—50 раз. Благодаря этому приему удавалось существенно снизить уровень накопления ^{90}Sr в продукции — в пшенице, например, на 75 %, в картофеле — на 99 %. Такая мелиорация применялась в дополнение к первичной дезактивации пахотных угодий, проводимой в 1958—1959 гг. путем обычной отвальной вспашки на площади более 20 тыс. га. В течение 1960—1961 гг. глубокой вспашке было подвергнуто 6400 га, в том числе и приусадебные участки отдельных населенных пунктов. Ее эффективность, которая оценивалась по снижению накопления ^{90}Sr в урожае, достигала 2—5 раз.

Хорошо себя зарекомендовала и непосредственная дезактивация сельскохозяйственных угодий, когда удаляется верхний загрязненный слой почвы с помощью землеройных и почвоперемещающих машин (бульдозеров, грейдеров, скреперов) с последующим его захоронением в специально отведенных могильниках. Следует, правда, отметить, что этот метод достаточно трудоемкий, требует тщательности осуществления, особенно когда нужно удалить тонкий, до 5 см, слой. Он может быть рекомендован при создании небольших по площади участков для производства овощных культур. Его эффективность была продемонстрирована на участке площадью 50 га, выбранном на территории следа: поступление ^{90}Sr в выращиваемых на нем овощах удалось снизить в 8—20 раз.

Дезактивационный эффект глубокой вспашки можно усилить систематическим внесением в пахотный слой почвы минеральных удобрений, которые локализуют корневые системы в незагрязненном слое. Этот прием, широко внедренный на практике, снижал содержание ^{90}Sr в урожае до 10 раз в сравнении с обычной вспашкой.

Другой агрохимический прием, позволяющий уменьшить поступление ^{90}Sr в урожай, — известкование кислых почв. Избыток известия снижает концентрацию в почве обменного ^{90}Sr за счет ее насыщения кальцием, в результате чего накопление ^{90}Sr растениями уменьшается на 10—30 %.

Что касается зоотехнических приемов борьбы с накоплением ^{90}Sr в продукции животноводства, то они главным образом сводились к подбору кормовых рационов с минимальным содержанием ^{90}Sr . Очевидно, что наиболее благоприятно в таком случае использование картофеля, корнеплодов и зерна, где, как мы видели, содержание ^{90}Sr

может быть существенно снижено по сравнению с кормами с естественных угодий. В связи с этим пришлось ломать широко принятую в те годы практику экстенсивного животноводства с использованием естественных угодий. Действительно, замена пастбищно-сенного рациона крупного рогатого скота на смешанный в условиях производства кормов на угодьях с одинаковой плотностью радиоактивного загрязнения позволяет получить молоко и мясо с концентрацией, в 2,8 раза меньшей, чем при пастбищно-сенном рационе, а замена последнего на силосно-концентратный рацион — в 5,6 раза.

Дополнительно снизить поступление ^{90}Sr в организм животных можно либо за счет введения в рацион кормовых минеральных добавок кальция, либо за счет увеличения вклада богатых кальцием кормов, например бобовых культур. Таким способом удается в 10 раз уменьшить концентрацию ^{90}Sr в молоке. Если же скот предназначен к убою на мясо, то дополнительного эффекта снижения ^{90}Sr можно добиться предварительной его выдержкой на «чистых» или менее загрязненных кормах. Очевидно, что длительность такой выдержки определяется необходимой кратностью снижения концентрации ^{90}Sr в мышечной ткани и эффективным периодом его полувыведения из организма.

После обобщения всех полученных данных (о закономерностях накопления ^{90}Sr в сельхозпродукции, эффективности способов его снижения и т. д.), а также при сопоставлении потенциально ожидаемых уровней загрязнения продукции с установленными нормами были сформулированы основные принципы восстановления и организации сельскохозяйственного производства:

1. Наименее загрязненные площади (2—5 Ки/км²) следует отдавать под производство продовольственных культур, а фуражные культуры размещать на угодьях с плотностью загрязнения, примерно в 10 раз большей.

2. Животноводство должно быть интенсивным с максимальным исключением из рациона сельскохозяйственных животных кормов с естественных угодий, а также грубых кормов. Следует обеспечить высокий вклад в рацион концентратов картофеля и корнеплодов.

3. Производство кормов для молочного скота должно быть организовано на площадях с уровнями загрязнения в 3—4 раза меньшими, чем для мясного скота.

4. Среди всех отраслей мясного животноводства наиболее предпочтительны свиноводство и разведение птицы, как постав-

щиков наименее загрязненной мясной продукцией.

5. Зерновая продукция и картофель с уровнями загрязнения выше допустимых могут быть использованы на семенные цели и для глубокой технической переработки, например для производства этилового спирта.

Предлагаемая специализация хозяйств была продиктована не только средними уровнями загрязнения и площадью угодий, входящих в состав землепользования этих хозяйств, но и необходимостью радиационной защиты населения — персонала хозяйств, которое потенциально могло потреблять в пищу любую продукцию, производимую на вовлекаемых в хозяйственное использование территориях. Это заставило отказаться от многоотраслевого производства, в первую очередь от получения молока, пищевых зерна и овощей на вовлекаемых землях, и прийти к выводу о необходимости ориентации сельского хозяйства на производство наиболее «чистой» продукции, прежде всего мяса (см. табл.). Подобная специализация в большинстве случаев не соответствовала сложившейся экономической и хозяйственной структуре, поэтому и была рекомендована в качестве обязательной только для угодий, находящихся на территории следа при плотности загрязнения свыше 2 Ки/км². Вне этих границ допуска-

лась многоотраслевая хозяйственная структура с преимущественным, наряду с производством мяса, производством зерна.

ВОЗВРАЩЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Этот процесс начался в 1961 г., когда в сельскохозяйственное использование были возвращены и переданы специализированным совхозам все земли в Свердловской области (с плотностью загрязнения ниже 8 Ки/км²) и 2 тыс. га в Челябинской области. К 1982 г. здесь удалось вернуть половину из 32 тыс. га сельскохозяйственной территории с плотностью загрязнения от 2 до 100 Ки/км². Что касается части территории в головной части следа, где уровни загрязнения превышали 100 Ки/км², то ее было решено не вовлекать в сельскохозяйственное использование, а отдать под базу для проведения натурных экспериментальных исследований, в том числе по сельскохозяйственной радиозоологии. Здесь решением правительства был создан Восточно-Уральский государственный заповедник общей площадью 16 700 га, на территории которого вот уже более 30 лет ведутся разнообразные комплексные исследования по общим и прикладным вопросам радиозоологии.

Реализация всего комплекса разработанных рекомендаций на территориях землепользования специализированных совхозов обеспечила надежный запас по дозам облучения местного и другого населения, потребляющего продукцию этих совхозов. Уровни содержания ⁹⁰Sr в производимой ими продукции существенно ниже, о чем свидетельствуют следующие данные.

С 1965 по 1988 г. средневзвешенные уровни содержания ⁹⁰Sr в производимом специализированными совхозами мясе снизились (в расчете на 1 Ки/км²) с 12 до 1,8 пКи/кг. В этот же период молоко и мясо, производимые в специализированных совхозах, были в 2,5—5 раз «чище», чем продукция совхозов с неупорядоченным производством, и в 5—12 раз «чище», чем продукция личных хозяйств (оценки приводятся в расчете на одинаковую плотность загрязнения).

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕСНЫХ УГОДИЙ И ВОДОЕМОВ

Сельскохозяйственные угодья (пашни, сенокосы, пастбища) занимали только 55 % площади территории ВУРСа, выведенной из хозяйственного оборота. Остальные 45 %

Плотность загрязнения угодий ⁹⁰Sr, допустимые при восстановлении сельскохозяйственного производства, Ки/км²*

Отрасли животноводства	Без специальных систем хозяйства, с использованием естественных угодий	С внедрением специальных систем хозяйства
Мясное скотоводство	10	20
Молочное скотоводство	2,5	5
Свиноводство	100	100

* Нормы содержания ⁹⁰Sr в продукции в 1985 г. были следующими: для молока — 1,5 · 10⁻⁹, зерна, мяса, овощей — 5 · 10⁻⁹, кормов и фуража — 1 · 10⁻⁷, семенного зерна — 5 · 10⁻⁸ Ки/кг; в 1968 г. они были снижены — для молока до 3,4 · 10⁻¹⁰, для мяса до 3,2 · 10⁻¹⁰ Ки/кг. В 1979 г. были установлены еще более низкие допустимые концентрации ⁹⁰Sr в продукции: в продовольственном зерне — 2 · 10⁻¹⁰, молоко — 1,5 · 10⁻¹⁰, мясо и овощей — 1 · 10⁻¹⁰, картофеле — 5 · 10⁻¹¹ Ки/кг.

площади приходились на лесонасаждения и озера, так что параллельно с задачей возвращения загрязненной территории в хозяйственное использование встала проблема восстановления лесного и рыбного хозяйства, продиктованная прежде всего необходимостью радиационной защиты населения, особенно прилегающих к территории следа районов. Полный контроль за соблюдением запрета на использование сена для личного скота и древесины для отопления домов, заготавливаемых в загрязненных лесах, был невозможен из-за большой протяженности границ территории, на которой была ограничена хозяйственная деятельность. Это создавало определенную опасность облучения части населения, хотя ни использование деловой древесины (пиломатериалов), ни употребление в пищу грибов, ягод и дичи с загрязненных территорий к основным радиационным факторам не относились. Система мер, рекомендованная в качестве основы для восстановления лесного хозяйства, включала следующие пункты:

1. Установление норм радиоактивного загрязнения продукции леса и территории (для грибов и ягод эти нормы были такими же, как и для любой другой продовольственной продукции). Предельно допустимой была принята плотность загрязнения территории $2,5 \text{ Ки/км}^2$ при использовании ее под запасы или сенокосы и 100 Ки/км^2 при заготовке деловой древесины.

2. Сокращение площадей, пригодных под выпасы и сенокосы, и ограничение их использования населением. Эта задача решалась либо лесопосадками на территории с плотностью загрязнения свыше 10 Ки/км^2 , либо передачей преимущественного права использования этих угодий специализированным совхозам при ограничении доступа неорганизованного населения.

3. Ограничение на использование древесины с плотностью загрязнения свыше 2 Ки/км^2 в качестве топлива населением. Для отопления производственных зданий была разрешена древесина, заготавливаемая на территориях с плотностью загрязнения до 30 Ки/км^2 , при обязательном захоронении образующейся золы вне сельскохозяйственных угодий.

4. Использование деловой древесины только для хозяйственных нужд, но не для гражданского строительства. При этом рекомендовалось снимать с деревьев кору прямо на месте рубок, чтобы удалить радиоактивность, задержанную корой при оседании выброшенной радиоактивной смеси.

5. Создание специализированных лесхозов, деятельность которых в принципе не отличающаяся от обычной практики ведения лесного хозяйства, позволила бы выполнять в полном объеме указанные выше дополнительные требования.

Такие специализированные лесхозы были созданы в 1960 г. на территории Челябинской области. Вся их деятельность, за исключением хозяйственной, подчинялась задачам соблюдения принципов заповедности и строгой охраны лесов, жесткого регламентирования использования лесной продукции и обеспечения высокой противопожарной защиты.

Первоначальные ограничения на хозяйственное использование водоемов (добыча рыбы, использование водной растительности в качестве корма для сельскохозяйственных животных) были наложены на озера, размещенные на территории с плотностью загрязнения свыше 2 Ки/км^2 . Из-за достаточно быстрого самоочищения воды этих озер (период полуочищения 5—6 лет) к 1970 г. появилась возможность вовлекать в нормальное рыбохозяйственное использование озера, расположенные на периферийной части следа.

Оперативно и широко развернутые исследования закономерностей поведения ^{90}Sr в сельскохозяйственных, лесных и водных системах, а также пищевых цепях человека и разработанные на их основе специальные практические мероприятия позволили уже в первые годы после аварии начать восстановление сельского, лесного и рыбного хозяйства на территории, где оно было приостановлено. В настоящее время народному хозяйству возвращено более 80 % земель в пределах границы загрязнения 2 Ки/км^2 . Вне этих границ загрязнения хозяйственное использование территории велось и ранее, а ныне осуществляется без всяких ограничений.

Логическим завершением всего комплекса многолетних работ стало формирование общих концепций одновременного обращения с территориями, подвергшимися радиоактивному загрязнению.

Подводя итоги

Г. Н. Романов, Е. Г. Дрожко, Б. В. Никипелов

Ликвидация последствий радиационной аварии на Южном Урале потребовала не только концентрации усилий специалистов самого разного профиля, но и четкой организации всех мероприятий, проводимых на территории ВУРСа с первых же дней катастрофы.

Отметим, прежде всего, что, в отличие от аварии на ЧАЭС, правительственная комиссия по ликвидации последствий аварии 1957 г. не создавалась. Основные обязанности по организации работ и вся их тяжесть легли на два союзных министерства (Минсредмаш и Минздрав), местные партийные и советские организации, оборонное предприятие, где произошла авария, а также на отдельные медицинские, научные и сельскохозяйственные организации.

Оценку сложившейся радиационной обстановки и прогноз уровней облучения населения в первые несколько недель после аварии осуществляли дозиметрические службы предприятия и местного медико-санитарного отдела с привлечением сотрудников экспедиции Института прикладной геофизики Главного управления гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР, выполнявшей в то время на предприятии другие научно-исследовательские работы. Для этого в центральной заводской лаборатории оперативно были изготовлены необходимые дозиметрические и радиометрические приборы, созданы специальные мобильные лаборатории, привлечена авиация.

Экстренная и дополнительная плановая эвакуация проводилась оборонным предприятием под контролем Челябинского облисполкома; устройством и жизнеобеспечением эвакуированных занимались предприятие, Минсредмаш СССР и Челябинский облисполком. С этой целью было образовано несколько комиссий по оценке материального ущерба, денежной компенсации и организации переселения каждой семьи, включая создание нового жилого фонда. На проведение всех этих работ было затрачено свыше 200 млн рублей в современном масштабе цен. Эта сумма была выделена правительством, а статьи расхода определялись самим

предприятием и Челябинским облисполкомом.

Может возникнуть вопрос об относительной дешевизне (в сравнении с аварией на ЧАЭС) проведенных мероприятий. Следует, однако, иметь в виду, что авария 1957 г. по своим масштабам была во много раз меньше черновильской (суммарный выброс радиоактивности на Южном Урале был в 25 раз меньше, чем в Чернобыле, а площадь загрязненной территории, как минимум, в 10 раз). Кроме того, по счастливому стечению обстоятельств радиоактивный след на Урале не захватил ни одного населенного пункта городского типа, обходя такие города, как Кыштым, Касли, крупный промышленный город Каменск-Уральский. А при аварии на ЧАЭС, как известно, пришлось эвакуировать два города — Припять и Чернобыль.

Дезактивация сельскохозяйственной территории, производственных площадей и населенных пунктов проводилась преимущественно в течение 1—1,5 лет после аварии силами все того же оборонного предприятия. Для этого были созданы механизированные отряды, оснащенные специальными почвообрабатывающими орудиями и плугами для вспашки дезактивируемых угодий, а также почвоперемещающими механизмами и автотранспортом для дезактивации производственных площадей и населенных пунктов.

Дальнейший ход работ по ликвидации последствий аварии требовал выработки научно обоснованных рекомендаций по хозяйственному обращению с загрязненной территорией, методичного контроля за здоровьем эвакуированного и проживающего близко к ВУРСу населения. Для этого при оборонном предприятии в 1958 г. была создана Опытная научно-исследовательская станция, в задачи которой входило решение общих и прикладных задач радиоэкологии, прежде всего сельскохозяйственных, организованы Филиал Института радиационной гигиены Минздрава РСФСР и Комплексная сельскохозяйственная лаборатория Минсельхоза СССР, преобразованные затем в Филиал № 4 Института биофизики Минздрава СССР. К работам был также привлечен Институт биофизики Минздрава СССР, организованы радиологические отделы и подчиненные им радиологические лаборатории Челябинской

и Свердловской областных санитарно-эпидемиологических станций, областные ветеринарно-радиологические лаборатории. К обширным научным исследованиям подключились отдельные академические и ведомственные научные организации.

Вся практика ликвидации последствий аварии 1957 г. продемонстрировала эффективность сложившегося сотрудничества различных организаций и ведомств, высокую ответственность и должностных лиц, и рядовых специалистов, их компетентность и самоотверженность. Без этого было бы невозможно осуществить широкий комплекс работ, осложненный отсутствием опыта обращения с тяжелыми радиационными авариями, необходимой научной информации и методологии выбора оптимальных мер радиационной защиты. Очень многое приходилось начинать буквально «с нуля», решать совершенно новые научные и организационные задачи.

Более чем тридцатилетний опыт работ на Южном Урале стал основой для разработки концепций долговременного обращения с территориями, подвергшимися радиационному загрязнению. Эти концепции достаточно универсальны и, помимо обобщения опыта обращения с территорией ВУРСа, включают принципы решения сложных задач организации радиационной защиты населения и сельскохозяйственного использования территории, пострадавшей от аварии на Чернобыльской АЭС.

По своей сути концепции направлены на определение возможностей как длительного проживания населения на загрязненной территории, так и хозяйственного использования этой территории, вне зависимости от того, проживает ли на ней население.

В основу подхода к решению этих задач положено разбиение территории на зоны по плотности радиоактивного загрязнения, определение возможностей долговременного проживания населения в отдельных зонах и хозяйственного использования загрязненной территории.

Возможность долговременного, на протяжении жизни одного поколения после аварии (70 лет), проживания населения на загрязненной территории определяется условием, чтобы потенциальная доза облучения населения за этот период не превышала предельной, специально устанавливаемой дозы облучения за этот же самый период. До недавнего времени в отечественной и зарубежной практике радиационной защиты не было опыта установления предела дозы облучения населения за такой длительный пе-

риод (хотя и известны различные по численным значениям предельные дозы за аварию, длительность которой подразумевается небольшой). Первая серьезная попытка в этом направлении была предпринята Национальной комиссией по радиационной защите (НКРЗ) и Министерством здравоохранения СССР в применении к населению, облучаемому в результате аварии на Чернобыльской АЭС. В качестве предела эквивалентной дозы суммы внешнего и внутреннего облучения населения принято значение, равное 35 бэр за жизнь.

Когда предел дозы за жизнь установлен, можно оценить максимально допустимую плотность загрязнения территории одним или несколькими долгоживущими радионуклидами, при которой возможно длительное проживание населения. С этой целью следует оценить динамику и интегральную за 70 лет дозу по всем путям внешнего и внутреннего облучения населения в расчете на единичную плотность загрязнения, применяя основные количественные показатели формирования внешнего и внутреннего облучения, определяемых с учетом радиоэкологических особенностей. В этой связи существенное значение приобретает прогноз снижения мощности дозы внешнего облучения из-за заглубления радиоактивного вещества в почву и предпринимаемых мер дезактивации, а также прогноз снижения мощности дозы внутреннего облучения в результате мер радиационной защиты, а также природных радиоэкологических факторов. Сопоставляя обоснованные для предельной дозы 35 бэр плотности загрязнения и реальные начальные значения, можно принимать решения о возможности долговременного проживания населения на загрязненной территории.

В отношении хозяйственного использования загрязненной территории следует исходить из того, что земля не должна пустовать, и, при соблюдении допустимых норм облучения отдельных лиц из населения, а также норм профессионального облучения, ее эксплуатация должна компенсировать (хотя бы частично) ущерб от радиоактивного загрязнения. Другим условием может быть необходимость хозяйственного использования территории даже тех районов, из которых отселены люди.

Стратегия долговременного обращения с загрязненной территорией должна, на наш взгляд, состоять в последовательном решении двух задач: дифференциации землепользования на основе допустимых уровней радиоактивного загрязнения получаемой продукции и разработки хозяйствен-

ной структуры применительно к каждому рассматриваемому району или, по возможности, отдельному хозяйству.

Дифференциация землепользования в сельском и лесном хозяйствах, а также других направлениях хозяйственной деятельности, использующей почвенные, растительные и водные ресурсы, может проводиться на основе оценок допустимой плотности радиоактивного загрязнения территории долгоживущими радионуклидами и последующего их сопоставления с реально существующим распределением плотности загрязнения на рассматриваемой территории.

Критерием допустимой для производства какой-либо продукции плотности загрязнения может служить отношение устанавливаемой государственными санитарными органами допустимой концентрации радионуклида в продукте (например, временные допустимые уровни, действующие в применении к последствиям чернобыльской аварии) к реальной или потенциальной концентрации этого радионуклида в данном виде продукции в расчете на единичную плотность радиоактивного загрязнения территории.

Если принятая на данной территории структура землепользования не позволяет получать продукцию с уровнями загрязнения, не превышающими установленные допустимые концентрации в ней радионуклидов, следует перепрофилировать производство в районе или в существующих сельскохозяйственных и других организациях таким образом, чтобы продукция удовлетворяла радиационным нормам.

Переключение производства на получение товарной продукции, позволяющей уложиться в пределы реальной плотности радиоактивного загрязнения, — одна из наиболее эффективных мер восстановления хозяйства и снижения доз внутреннего облучения населения.

Формирование структуры хозяйственного использования территории после перепрофилирования может иметь следующие направления.

Если ведение сельскохозяйственного производства в районе невозможно, хозяйственная деятельность должна быть направлена на производство продукции непродовольственного назначения — развитие лес-

ной и местной промышленности, разработки торфа, песка, щебня и других минеральных ресурсов.

При возможности переориентации сельскохозяйственного производства его структура может включать:

- производство технических культур, служащих сырьем для непродовольственных товаров (например, льна и конопли для нужд текстильной и лакокрасочной промышленности);

- производство технических культур как сырья для получения продовольственных продуктов при глубокой технологической переработке (целесообразно, например, производство картофеля на спирт и крахмал, зерна на спирт, сахарной свеклы на сахар и кормовые дрожжи, подсолнуха, льна и конопли на масло и т. д.);

- семеноводство зерновых, картофеля, овощных культур, сеяных трав;

- замену молочного скотоводства на мясное при условии, что возможна выдержка поголовья мясного скота перед убоем на «чистых» кормах;

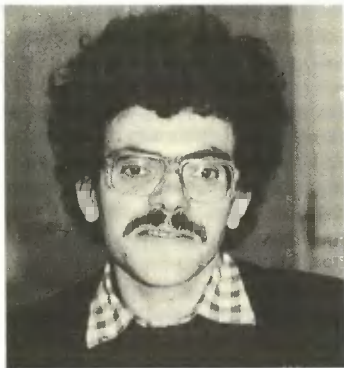
- замену молочного и мясного скотоводства на свиноводство и птицеводство, если обеспечена заданная доля концентрированных кормов промышленного производства из централизованных фондов незагрязненных или менее загрязненных кормов;

- промышленное цветоводство и производство лекарственного растительного сырья;

- пушно-меховое производство при преимущественном содержании плотоядных животных.

Опыт долговременного обращения с территорией, подвергшейся радиоактивному загрязнению в 1957 г., крайне тяжелые условия ликвидации последствий чернобыльской аварии диктуют необходимость разработки национальной программы по ликвидации последствий тяжелых радиационных аварий. Необходимость в выработке такой программы в стране, где было две тяжелые аварии, подчеркивается хотя бы тем фактом, что во многих странах, воспринявших уроки нашего горького опыта, подобные программы либо уже имеются, либо находятся в стадии разработки и совершенствования.

Л.С. Левитов КВАЗИКРИСТАЛЛЫ



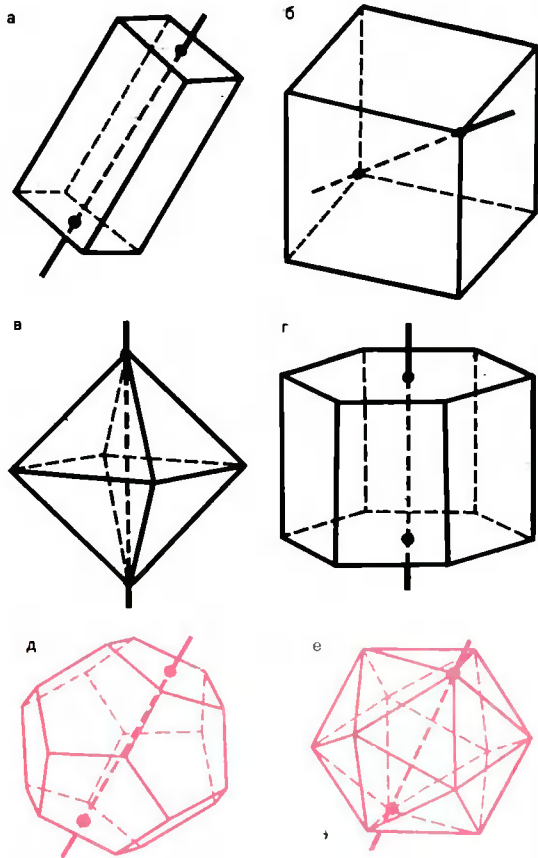
Леонид Самуилович Левитов, кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник Института теоретической физики им. Л. Д. Ландау АН СССР. Научные интересы связаны с изучением различных типов упорядоченности в твердых телах.

НЕСКОЛЬКО лет назад были открыты квазикристаллы — материалы со сложной структурой, занимающие в некотором смысле промежуточное положение между кристаллическими и аморфными веществами. Благодаря их исследованию возникли новые интересные направления в физике твердого тела, кристаллографии и физике металлов. Удивительные свойства квазикристаллов не укладывались в привычные каноны кристаллографии, и поэтому пришлось существенно дополнить весьма старый и, казалось, вполне законченный раздел науки, изучающий симметрию кристаллических тел. Хотя сейчас известно уже довольно много квазикристаллических материалов, их структура и по сей день во многом остается загадочной.

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ РЕШЕТКА И СИММЕТРИЯ

Представление о кристаллической решетке впервые возникло еще в середине XIX в., задолго до того, как было доказано существование атомов и появились надежные методы их исследования. Кристаллы, как хорошо известно, имеют плоские грани. Оказалось, что ориентации в пространстве (т. е. наклоны) различных граней кристалла не произвольны, а подчиняются определенной закономерности. Для каждого кристалла можно указать три таких вектора $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$, что их линейные комбинации $\vec{e}_n = p_1\vec{e}_1 + p_2\vec{e}_2 + p_3\vec{e}_3$ с целыми коэффициентами p_1, p_2, p_3 задают полный набор перпендикуляров к граням. Таким образом, возможные наклоны граней в кристалле определяются всего лишь тройкой векторов $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$, одинаковых для кристаллов одного типа.

Такая закономерность с первого взгляда кажется довольно неожиданной и содержит важную информацию о внутреннем строении кристаллов. Ее естественное объяснение возникло сразу же (в основном бла-



Многогранники, обладающие осями симметрии различного порядка: а — параллелепипед (оси симметрии 2-го порядка), б — куб (оси 3-го порядка), в — октаэдр (ось 4-го порядка), г — призма (ось 6-го порядка). Эти группы симметрии совместимы с периодической решеткой, и кристаллы такой формы действительно встречаются. Цветом выделены додекаэдр (д) и икосаэдр (е) — правильные многогранники, содержащие оси 5-го порядка. Обычные периодические кристаллы не могут обладать такой формой.

годаря работам О. Бравэ). Оно состоит в том, что микроструктура кристаллов представляет собой трехмерную периодическую решетку, а грани являются плоскостями, проходящими через узлы решетки. Это элегантное объяснение формы кристаллов сыграло важную роль в становлении атомной теории, поскольку из него следовало, что кристаллы состоят из мелких, регулярно расположенных частиц. После открытия дифракции рентгеновских лучей и электронов существование кристаллических решеток превратилось из изящной гипотезы в надежно проверенный экспери-

ментальный факт и сейчас является основой всей науки о кристаллах. Трехмерная решетка, которую образуют концы всех возможных векторов $\vec{e}_n$ исходящих из начала координат, теперь называется обратной решеткой кристалла (в отличие от «прямой» решетки атомов). Определение обратной решетки методами XIX в., т. е. по форме кристалла, требует кропотливых вычислений, точного измерения углов между гранями, ребрами и т. д. Сейчас решетку находят, используя дифракцию рентгеновских лучей или электронов. Современная экспериментальная техника позволяет получать обратную решетку любого кристалла почти автоматически.

Однако обратная решетка — не слишком наглядный объект. У кристаллов есть и другое свойство, которое можно заметить без всяких исследований (собственно, благодаря ему кристаллы впервые и привлекли внимание человека), — симметрия, т. е. правильная форма, издавна удивлявшая людей. Распространенность симметричных кристаллов, вероятно, повлияла на ранний расцвет геометрии в Древней Греции. Предполагают даже, что почти додекаэдрическая форма кристаллов серного колчедана, уже известного тогда, способствовала открытию греками правильных многогранников додекаэдра и икосаэдра. (Немецкий математик Г. Вейль, автор известной книги «Симметрия»¹, считал это открытие величайшим достижением математики за все время ее существования.)

Известно очень много различных симметричных кристаллов. Какие вообще виды симметрии могут у них быть? Ответить на этот вопрос удалось после принятия гипотезы о кристаллической решетке. К концу XIX в. Е. С. Федоровым и А. Шенфлисом была построена математическая теория трехмерных периодических решеток, перечислившая все возможные виды симметрии. Оказалось, что имеется лишь конечный набор групп симметрии кристаллов, в то время как произвольных групп симметрии бесконечно много. Так, например, не существует решетки, имеющей ось симметрии 5-го порядка и вообще любого N-го порядка при $N > 6$. (Часто, хотя и не вполне точно, это объясняют, говоря, что телами с такой симметрией² невозможно заполнить пространство без пробелов и периодически.) Впро-

¹ Вейль Г. Симметрия. М., 1968.

² Говорят, что тело обладает осью симметрии N-го порядка, если при повороте вокруг нее на угол $2\pi/N$ оно совмещается само с собой.

чем, и разрешенных видов симметрии (так называемых федоровских групп) тоже немало — 230, так что мир возможных кристаллов довольно разнообразен. Например, существуют кристаллические структуры, обладающие кубической симметрией, симметрией правильной призмы с квадратным, ромбическим, шестиугольным основанием и т. д.

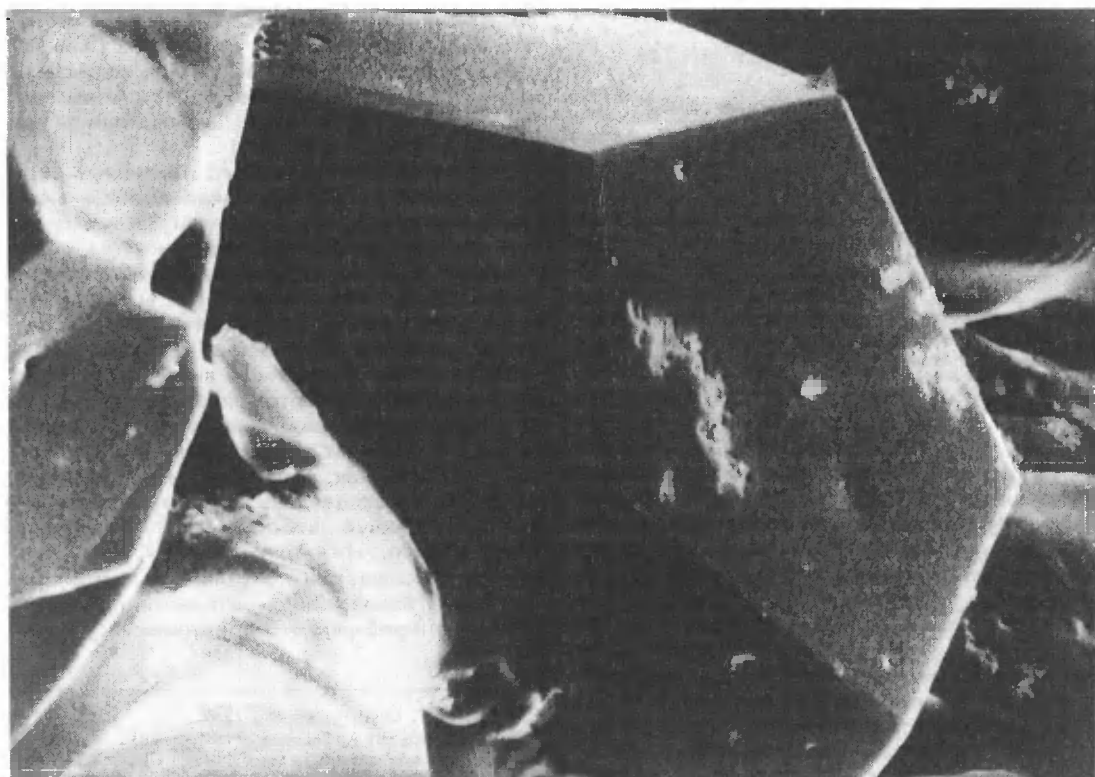
Теория видов симметрий кристаллов стала крупнейшим достижением классической кристаллографии, она сохраняет значение и сегодня. Во всех учебниках в качестве простого следствия этой теории приводится утверждение об отсутствии кристаллов с правильными пятиугольными гранями. Действительно, существование грани в форме правильного пятиугольника означало бы наличие симметрии 5-го порядка, несовместимой с периодической решеткой. Не могут существовать также кристаллы с симметрией додекаэдра и икосаэдра — эти правильные многогранники имеют шесть осей симметрии 5-го порядка. Эти и другие выводы теории симметрии кристаллов получили исключительно надежное экспериментальное подтверждение: изучены многие

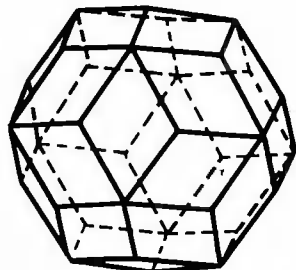
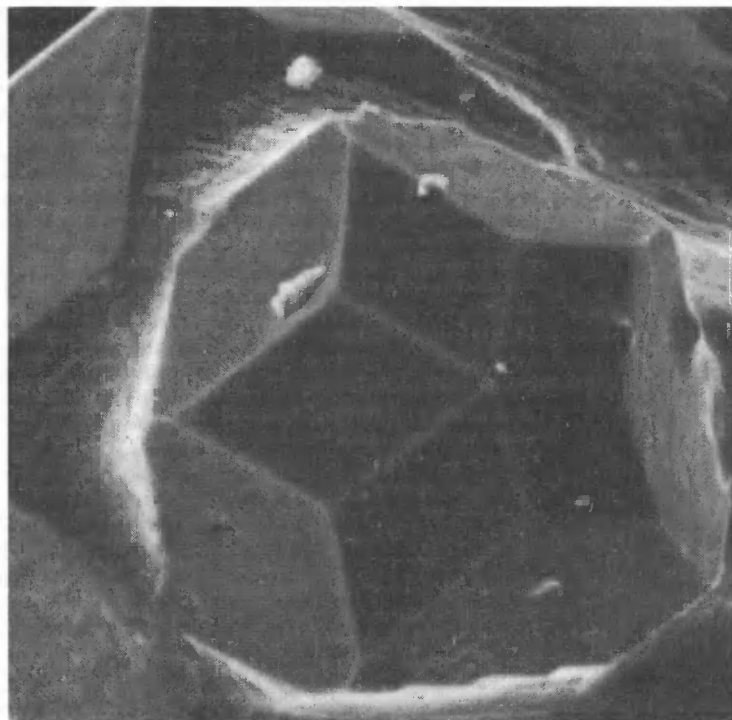
десятки тысяч самых разных кристаллов, однако никаких видов симметрии, кроме разрешенных, до последнего времени не было обнаружено. В результате запреты, вытекающие из теории симметрии, приобрели характер абсолютно несомненных утверждений, почти аксиом.

ОТКРЫТИЕ ЗАПРЕЩЕННОЙ СИММЕТРИИ

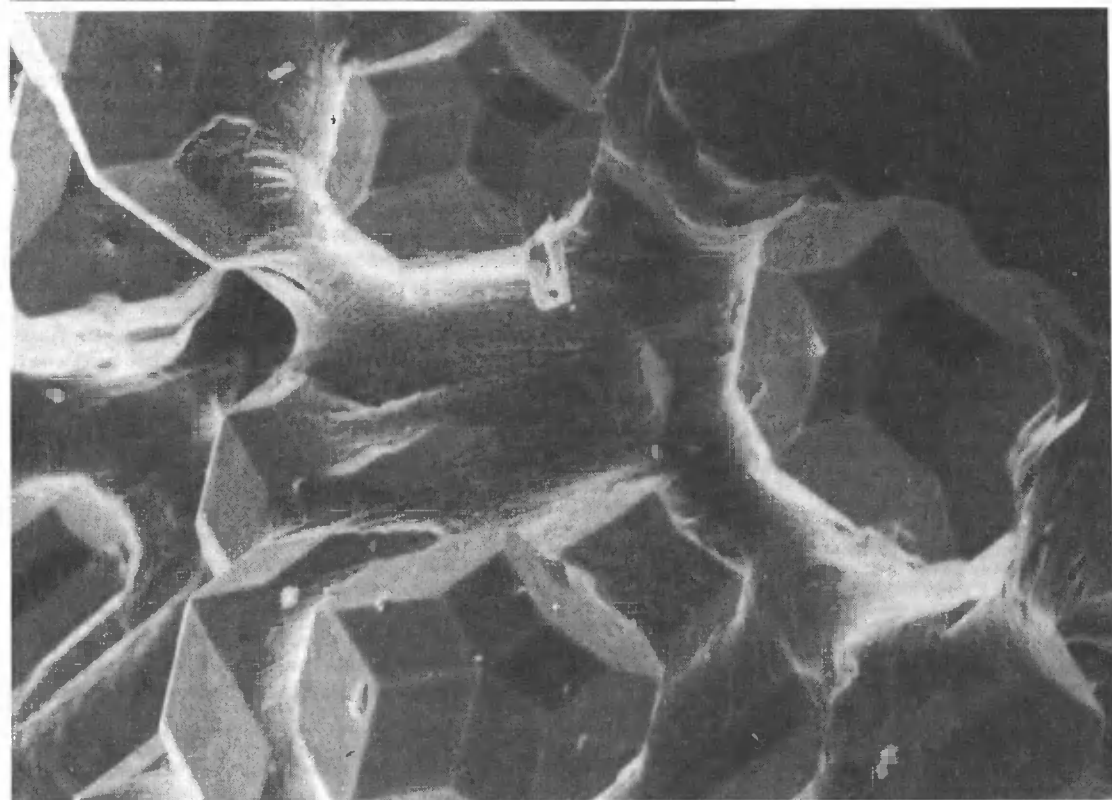
Читатель теперь уже знает достаточно, чтобы удивиться, взглянув на фотографии двух недавно выращенных кристаллов, которые помещены на этом развороте. Поражает бросающаяся в глаза пятиугольная симметрия, запрещенная классической теорией, и, в то же время, явный кристаллический внешний вид (плоские грани, хорошо выделенные ребра, сростки моно-

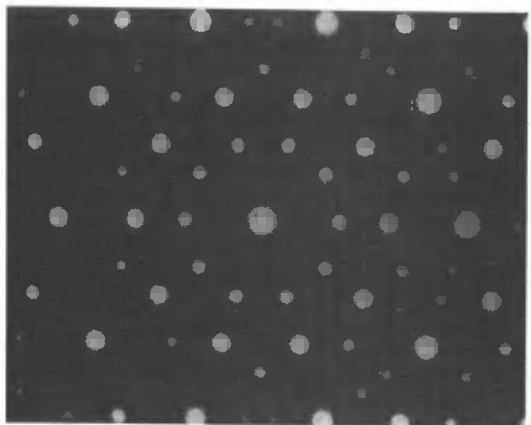
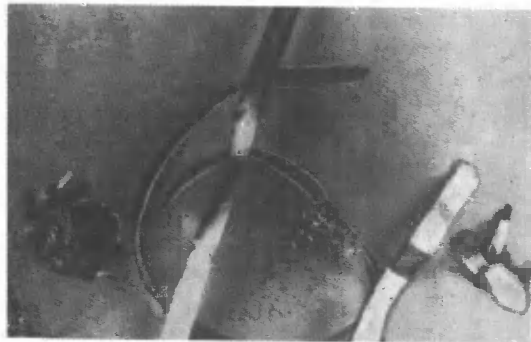
«Моноквазикристалл» $Al_{65}Cu_{20}Fe_{15}$ додекаэдрической формы размером около 0,5 мм, выращенный в лаборатории Института железа, стали и других металлов Университета Тохоку (Япония) группой А.-П. Цай (A.-P. Tsai). После медленного затверждения расплава образовавшийся слиток раскололи и нашли на изломе правильные квазикристаллы с блестящими плоскими гранями.





Правильный квазикристалл Al_6CuLi_3 с икосаэдрической симметрией (слева). В этом веществе, как и в $\text{Al}_{65}\text{Cu}_{20}\text{Fe}_{15}$, квазикристаллическая фаза образуется при сколь угодно медленном охлаждении расплава. Справа изображен триаконтаэдр — многогранник с икосаэдрической симметрией, которому соответствует огранка этого квазикристалла. Внизу — поверхность излома слитка, на которой видны красивые сростки триаконтаэдрически ограненных квазикристаллов. Фото предоставлены Ф. Гейлом (F. Gayle; Reynolds Metal Company, США).





Хрупкие металлические ленты сплава $\text{Al}_{86}\text{Mn}_{14}$ — первого открытого квазикристалла (вверху). На электронной микрофотографии этого сплава, сделанной К. Жангом и Р. Портье [K. Zhang, R. Portier; Металлургическая лаборатория CRNS в Витри, Франция], видны темные ветвящиеся образования (дендриты) икосаэдрической фазы, окруженные затвердевшим позднее почти чистым алюминием (в центре). Внизу — дифракционная картина с симметрией 3-го порядка, полученная группой Шехтмана при исследовании этих образцов. Используя очень узкий пучок электронов, удалось доказать существование икосаэдрической симметрии в областях размером в несколько десятков нанометров.

кристаллов). Особенно вызывающе выглядит первый кристалл, имеющий «каноническую» запрещенную форму — додекаэдр. Впрочем, у второго кристалла группа симметрии такая же, как у первого, только огранка более сложная. Оба кристалла представляют собой металлические сплавы, состав первого — $\text{Al}_{65}\text{Cu}_{20}\text{Fe}_{15}$, а второго — Al_6CuLi_3 . Это и есть квазикристаллы. Первый представитель этой новой группы материалов был открыт 6 лет назад, а сейчас их известно больше 30. Как уже говорилось, открытие стало сенсацией из-за того, что в квазикристаллах сочетаются свойства, противоречащие друг другу с общепринятой точки зрения, — с одной стороны, особенности, характерные для кристаллов, а с другой — запрещенный вид симметрии. Для большинства квазикристаллов она, как на фотографиях, икосаэдрическая (или додекаэдрическая, что то же самое). Однако недавно стали известны и материалы, имеющие поворотные оси симметрии 8-го, 10-го и 12-го порядков.

Интересно вспомнить историю открытия первого квазикристалла. В ноябре 1984 г. интернациональная группа в составе Д. Шехтмана и Я. Блеха (Израиль), Д. Гратиаса (Франция), Дж. В. Кана (США) сообщила о новом сплаве алюминия с марганцем — $\text{Al}_{86}\text{Mn}_{14}$, обладающем чрезвычайно любопытными свойствами³. Этот материал привлек внимание металлурга Шехтмана еще в 1982 г. Сплав образуется при сверхбыстром охлаждении (10^6 К в секунду), происходящем при выливании расплава на очень быстро вращающееся металлическое колесо. При этом получают хрупкие металлические ленты. Под микроскопом видно интересное строение лент: вкрапленные в чистый алюминий ветвящиеся образования размером в несколько микрон. Каждое такое образование однородно и имеет, как говорят, «дальний координационный порядок», т. е. регулярность структуры сохраняется на расстояниях много больше межатомных. На это, в частности, указывает дифракционная картина, представляющая собой набор хорошо различимых резких пятен, как и в случае обычного кристалла. Однако узор эти пятна образуют необычный, характерный для симметрии икосаэдра.

Предоставим слово Гратиасу, который в 1986 г. писал: «Мы, таким образом, столкнулись с парадоксальным объектом,

³ Shechtman D., Blech I., Gratias D., Cahn J. W. // Phys. Rev. Lett. 1984. Vol. 53. P. 1951—1953.

имеющим, как и кристаллы, дальний порядок, но обладающим симметрией, несовместимой с трансляционной периодичностью — периодичностью, входящей в само определение кристаллического состояния! Прежде чем принять эти невероятные результаты, Д. Шехтман потратил два года на исключение всех возможных объяснений такой картины в рамках обычной кристаллографии. Наиболее очевидное из них, названное «двойникованием», связано с многократной дифракцией электронов на однородной смеси монокристаллов, ориентированных под углом 72° друг к другу. Даже используя самую прецизионную аппаратуру для обнаружения любых возможных микроскопических двойников, Шехтман не смог «устранить» запрещенную симметрию. Каждый раз дифракционная картина упрямо демонстрировала симметрию пятого порядка. Несколько групп во всем мире изучали этот необычный сплав посредством электронной микроскопии высокого разрешения. Все они подтвердили идеальную однородность вещества, в котором симметрия пятого порядка сохранялась в микроскопических областях с размерами, близкими к размерам атомов (несколько десятков нанометров)⁴.

Дальнейшие исследования квазикристаллов можно разделить на два основных потока. Во-первых, следовало понять удивительные результаты группы Шехтмана и разобраться, каково же строение открытого сплава. Во-вторых, поскольку стало ясно, что речь идет о новом классе твердых тел, интересно было узнать, есть ли другие вещества с такой же необычной структурой и насколько часто они встречаются.

ОБЪЯСНЕНИЕ СТРУКТУРЫ КВАЗИКРИСТАЛЛОВ

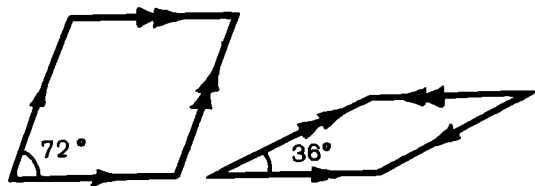
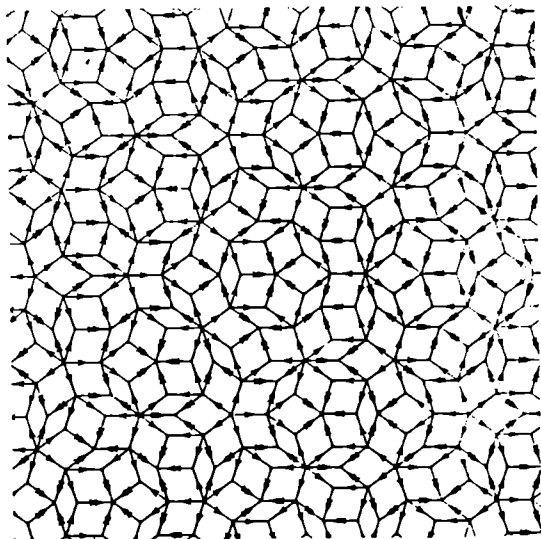
На первом пути довольно быстро были получены содержательные результаты, так что сейчас уже прочно утвердились общие представления о том, как устроены квазикристаллы. При попытке разобраться в проблеме сразу становится ясно, что следует отказаться от гипотезы кристаллической решетки в ее обычной форме. С другой стороны, дифракционная картина, полученная группой Шехтмана, состояла из резких пиков, характерных для рассеяния на кристалле, но геомет-

рически расположенных так, как если бы рассеяние происходило на шестимерной решетке, а не на трехмерной, как это бывает обычно. Поэтому естественно было рассмотреть конструкцию, в которой положения атомов даются проекциями точек шестимерной решетки на трехмерное пространство⁵. Полученная таким способом структура обладает дифракционными свойствами, воспроизводящими те, что наблюдались экспериментально. Эта конструкция явилась удачной отправной точкой для анализа строения реальных квазикристаллов. Экспериментальные исследования, проведенные разными группами, хорошо согласуются с предложенной схемой, хотя и указывают на необходимость уточнения ряда деталей. Так, в некоторых случаях следует пользоваться не простой кубической шестимерной решеткой, а гранецентрированной или объемно центрированной. Кроме того, для каждого конкретного вещества нужно более точно описать расположение атомов в элементарном блоке решетки — шестимерном кубе.

Поясним идею использования шестимерной решетки иначе, с помощью понятий обратной решетки. Если для тел, имеющих икосаэдрическую симметрию, попытаться построить обратную решетку, т. е. найти векторы, линейные комбинации которых задавали бы перпендикуляры к граням, то можно убедиться, что никакая тройка векторов не годится. В этом непосредственно проявляется несовместимость трехмерной периодичности и икосаэдрической симметрии. Однако вместо трехмерной подходит шестимерная решетка. Можно взять шесть векторов, направленных по осям симметрии 5-го порядка икосаэдра, и проверить, что, складывая эти векторы друг с другом с целыми коэффициентами, удастся получить перпендикуляр к любой грани. Таким образом, эти шесть векторов задают обратную решетку. Оказывается также, что размерность 6 — минимальная возможная. Интересно, что в принципе, как видно из этого рассуждения с обратной решеткой, есть способ прийти к шестимерной структуре, полностью оставаясь в рамках кристаллографии прошлого века и не используя современных методов типа дифракционного анализа и электронной микроскопии. Так что, если бы квазикристаллы с плоскими гранями имелись

⁴ Гратнас Д. // Усп. физ. наук. 1988. Т. 156. № 2. С. 347.

⁵ Калугин П. А., Китаев А. Ю., Левитов Л. С. // Письма в ЖЭТФ. 1985. Т. 41. С. 145—149.



«Паркет Пенроуза» — аperiодическое расположение ромбов на плоскости, давшее ключ к разгадке структуры квазикристаллов. Хотя ромбы и не образуют периодической структуры (картина не совпадает сама с собой при перемещении на любой вектор), их расположение не случайно. Всякий сколь угодно большой фрагмент узора можно найти и в других местах паркета, причем даже не слишком далеко. Математически эта регулярность выражается так. Для каждого $R > 0$ и произвольного фрагмента размера R найдется другой фрагмент, в точности совпадающий с первым и расположенный на расстоянии не более kR от него (k — постоянная, не зависящая от R). Узоры, обладающие таким свойством, называются квазипериодическими. Внизу показаны стрелки на ромбах, позволяющие построить такую картину. Если ромбы укладываются так, что стрелки на соседних сторонах разных ромбов совпадают, образуется паркет Пенроуза.

раньше, открытие могло быть сделано уже давно.

Практически одновременно с «шести-мерной» была предложена и другая конструкция, тоже хорошо объяснившая свойства сплава $Al_{86}Mn_{14}$ — трехмерная решетка Пенроуза⁶. Ее основой стала двумерная структура — необычное покрытие плоскости аperiодически расположенными простыми

многоугольниками двух типов, предложенное известным английским математиком Р. Пенроузом в 1972 г. (Любопытно, что Пенроуз не опубликовал это открытие, потому что подал заявку на патент на свои фигурки. О покрытии Пенроуза стало известно только в 1977 г. благодаря популярной статье⁷.) В простейшем случае «паркет Пенроуза» представляет собой регулярное, но не периодическое замощение плоскости ромбами двух типов, с острыми углами в 36° и 72° . Как оказалось, трехмерное обобщение этой схемы (аperiодическое заполнение пространства ромбоидами двух типов) обладает всеми особенностями, необходимыми для объяснения противоречивых свойств сплава Шехтмана. Разумеется, реальная структура не обязана буквально совпадать с трехмерной решеткой Пенроуза. Как и для шестимерной конструкции, возможны небольшие модификации: атомы могут быть расположены не в вершинах ромбоидов, а в центрах или серединах ребер; вообще, ромбоиды могут быть произвольно декорированы или искажены.

Два эти подхода, «шестимерный» и «пенроузовский», не противоречат друг другу, а, наоборот, приводят к одной и той же пространственной структуре. Таким образом, речь идет о двух способах математического описания одной и той же конструкции.

Многочисленные экспериментальные исследования квазикристаллов, выполненные в последнее время, убедили физиков, что структура этих веществ соответствует описанным выше моделям. Так что довольно сложные конструкции, изобретенные для объяснения свойств квазикристаллов, существуют и в реальности. В связи с этим возникает немало вопросов. Почему вообще квазикристаллы образуются, если их структура настолько сложна? Откуда атомы «знают», что при росте кристалла они должны выстроиться так необычно и образовать запутанный узор — не случайный, но и не периодический? Если такое расположение атомов возникает само собой, оно должно быть чем-то выгодно (например, обеспечить минимум энергии или максимальную плотность упаковки). В чем же его преимущества по сравнению с более простыми периодическими расположениями? Все подобные вопросы выглядят интригующе и на самом деле очень важны, хотя и до-

⁶ Duneau M., Katz A. // Phys. Rev. Lett. 1985. Vol. 54. P. 2688—2692; Elser V. // Phys. Rev. B. 1985. Vol. 32. P. 4892—4898.

⁷ Gardner M. // Sci. Amer. 1977. Vol. 236. № 1. P. 110—114.

статочны трудны. Поиск ответов на них, в сущности, только начинается, так что загадки квазикристаллов еще ждут своего решения.

Некоторые интересные свойства паркета Пенроуза позволяют надеяться на успех в исследовании этих вопросов. Оказывается, на ромбах можно нарисовать стрелки, одинарные и двойные. Стрелки эти отсутствовали в первоначальной конструкции Пенроуза. Они были введены позднее голландским математиком де Бройном, доказавшим замечательную теорему⁸. Возьмем ромбы двух типов, с углами 36° и 72° и стрелками на ребрах, ориентированными, как показано на рисунке. Пусть такие ромбы покрывают плоскость без пропусков, причем на смежных ребрах стрелки совпадают и по виду, и по направлению. Тогда это покрытие плоскости обязательно является паркетом Пенроуза. Значение этого результата для физики в том, что «глобальное» описание структуры (проекции из многомерного пространства на плоскость с иррациональным наклоном) удалось заменить на «локальное» описание, использующее только соседние ромбы. Благодаря этому паркет Пенроуза можно уложить на плоскости без ошибок, используя в каждый момент только информацию о ближайшем окружении каждого ромба. Такое описание структуры выглядит гораздо более физично. Ведь атомы, скажем, при росте квазикристалла из расплава, «прилепляются» друг к другу по каким-то локальным законам и, конечно же, не могут «знать», что идет образование иррациональной плоскости в многомерном пространстве. Результат де Бройна показывает, как снять эту трудность. К сожалению, аналогичная проблема для более важной трехмерной решетки Пенроуза еще не решена, хотя, как многие надеются, решение скоро появится.

НОВЫЕ КВАЗИКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ СПЛАВЫ

Экспериментальные поиски новых квазикристаллов тоже принесли интересные результаты. Следом за $\text{Al}_{86}\text{Mn}_{14}$ было открыто еще несколько квазикристаллических сплавов алюминия с переходными металлами, обладающих икосаэдрической симметрией. Они тоже образуются при сверхбыстром охлаждении на вращающемся колесе. Таким же образом были получены квазикристаллы с тремя другими запрещенными видами

симметрии: 8-го, 10-го и 12-го порядков. Раньше этим методом получали только металлические стекла, т. е. сплавы с аморфной структурой. Теперь выяснилось, что многие сплавы алюминия с переходными металлами образуют квазикристаллы и позволяют как бы непрерывно заполнить промежутки между аморфными и кристаллическими веществами. Правда, все полученные таким образом квазикристаллические сплавы являются, как говорят, неравновесными и метастабильными. Иными словами, их не удается получить при медленном охлаждении, а при отжиге (длительном выдерживании при высокой температуре) они превращаются в обычные кристаллы с кубической симметрией.

Могут ли квазикристаллы возникать не при быстром, а при сколь угодно медленном охлаждении? Оказалось, что и это возможно. Были открыты сплавы Al_6CuLi_3 и $\text{Al}_{65}\text{Cu}_{20}\text{Fe}_{15}$, которые образуют квазикристаллы даже при таком режиме охлаждения. При этом из расплава вырастают красивые правильные монокристаллы. Открытие этих квазикристаллов имеет большое значение, поскольку они равновесны и стабильны. По физическим свойствам (исключая, конечно, необычную симметрию) нет никаких качественных различий между равновесными квазикристаллами и обычными кристаллическими сплавами или простыми металлами. Из этого следует, что квазикристаллы — не какие-то искусственно созданные объекты, а, скорее, редкая разновидность обычных кристаллов, существующая в природе. Более того, оказалось, что оба равновесных квазикристалла уже были известны металлургам несколько десятков лет как составные части некоторых технологических материалов, но, конечно, никто не подозревал об удивительной структуре этих веществ.

Так, с конца 40-х годов изучается сплав Al_2Li , ставший основой материала LITAL, играющего большую роль в аэрокосмической технике. Благодаря малому атомному весу алюминия и лития сплав весьма легкий, что очень важно для летательных аппаратов. Однако и алюминий, и литий довольно пластичны, поэтому сплав Al_2Li не обладает достаточной прочностью. Но прочность материала значительно возрастает, если легировать его медью (при этом как раз и получается LITAL). Металлографический анализ показал, что LITAL состоит из почти чистого Al_2Li с примесью зерен другого состава, так называемой T2-фазы, в которую наряду с алюминием и

⁸ Bruijn N. G. de // Proc. Konink. Ned. Akad. Wetensch. Ser. A. 1981. Vol. 84. P. 27—37, 39—66.

литием входит медь. Эти зерна очень тверды, они и упрочняют материал. Металлургов не слишком интересовала атомная структура T2-фазы, поэтому долго не было известно, что зерна T2-фазы — не что иное, как квазикристаллы Al_6CuLi_3 (это обнаружилось только в 1986 г.). Таким образом, если отколоть кусочек от корпуса современного «Боинга» или «Шаттла», то в нем можно найти зерна квазикристалла с икосаэдрической симметрией.

Сплав $Al_{65}Cu_{20}Fe_{15}$ тоже имеет практическое значение. Он также отличается большой прочностью и близок по составу к технологически важному сплаву — дюралю, широко используемому в авиационной и других областях техники.

В самое последнее время выяснилось, что и соединение железа с углеродом в определенной пропорции представляет собой квазикристалл. Это особенно удивительно, поскольку фазовая диаграмма железа и углерода — одна из хрестоматийных в металлургии — особенно подробно изучена. Однако она очень сложна и включает много различных областей. И вот оказалось, что почти на границе двух ранее известных фаз имеется небольшой участок, соответствующий квазикристаллическому состоянию с икосаэдрической симметрией.

Как известно, железо при легировании углеродом становится более прочным (так получают сталь, а при увеличении

концентрации углерода — чугуны и феррит). Возможно, здесь есть какая-то связь с общим для всех квазикристаллов свойством — их большой прочностью и даже хрупкостью. Во всяком случае похоже, что квазикристаллическое состояние в мире сплавов встречается гораздо чаще, чем можно было думать еще пять лет назад.

Заканчивая эти заметки, хотелось бы подчеркнуть одно интересное обстоятельство. Возможно, читатель уже заметил, что основной компонент большинства из перечисленных квазикристаллов — алюминий. Если же рассмотреть вообще все известные сегодня квазикристаллы, такая закономерность еще больше бросается в глаза: алюминий входит в состав более двух третей из них. В чем причина? Быть может, этому элементу свойственна особая «икосаэдрическая тенденция»? Однако ни о чем подобном из химии не известно, и, скорее всего, это не так. Объяснение может оказаться гораздо менее мистическим: по технологическим причинам металлургия алюминия развита лучше, чем для большинства других металлов. Если это простое соображение верно, то по мере развития металлургии в ближайшем будущем будут открыты многие новые квазикристаллы или даже сплавы с новой, пока неизвестной нам некристаллической структурой. Подождем.

ИНФОРМАЦИЯ

ПРЕДПРИЯТИЕ ПО ДОГОВОРУ

ПРОЕКТИРУЕТ оптико-механические приборы и узлы (телескопические системы, коллиматоры, бленды и т. д.), а также оптические элементы (интерференционные светофильтры, светоделители, лимбы, сетки и пр.);

ИЗГОТАВЛИВАЕТ единичные образцы подобных изделий;

ДАЕТ КОНСУЛЬТАЦИИ И РЕКОМЕНДАЦИИ по проектированию и расчету сложных оптических систем, подавлению в них вредного рассеянного света, методам юстировки, проведению высокоточных оптических и светотехнических измерений.

Обращаться по телефону: 462-07-04 (Москва).

24 января 1990 г. с японского космодрома Утиноура трехступенчатой твердотопливной ракетой-носителем М-352 запущена лунная автоматическая орбитальная станция MUSES-A. Это первая японская экспедиция к Луне. В программе полета — выход станции на околоземную орбиту и отделившегося от нее спутника массой 11 кг — на окололунную орбиту. На спутнике установлена аппаратура для измерения температуры и электрических полей.

Согласно проекту бюджета США, представленному президентом Дж. Бушем 29 января 1990 г., самую крупную среди федеральных ведомств прибавку в 1991 финансовом году получит Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА). Его расходы по сравнению с 1990 г. увеличатся на 2,9 млрд долл., достигнув 15,2 млрд долл.; на программу «Спейс шаттл» будет выделено на 752 млн долл. больше, кроме того, на 699 млн долл. увеличатся ассигнования на создание орбитальной космической станции; 1,3 млрд. долл. выделяется на новую программу подготовки экспедиции на Луну и Марс.

Первый японский астронавт полетит в космос в июне 1991 г. на борту американского корабля многоразового использования «Атлантис». Сейчас полный курс подготовки к полету проходят три представителя Японии — 42-летний Мамору Мори, 37-летняя Тиак Мукаи и 35-летний Такао Дои. За 7 дней японскому астронавту предстоит выполнить на орбите обширную программу по производству в условиях невесомости 22 видов новых материалов, которые невозможно получить на Земле.

ТАСС

Фирма «Оптикал шилд» (Менло-Парк, штат Калифорния, США) сконструировала линзу, предназначенную для защиты

глаз от кратковременных ярких вспышек, в виде жидкокристаллического клапана, переключаемого в непрозрачное состояние за время менее 1 мс. Под действием мощного электрического поля или интенсивного источника света в линзе меняется ориентация молекул жидкого кристалла, в результате чего он становится непрозрачным.

Electronic Design. 1989. Vol. 37. № 13. P. 23 (США).

Итальянские иммунологи из университета в Генуе обнаружили, что опиоидный пептид альфа-эндорфин, обладающий наркотическим действием, на 40 % подавляет способность Т-лимфоцитов распознавать опухолевые клетки. При этом деление самих Т-лимфоцитов подавлялось в среднем на 35 %.

Brain, Behaviour and Immunity. 1989. Vol. 3. P. 274—280 (Великобритания).

Канадские физиологи из Университета в Эдмонтоне пришли к выводу, что токсин ботулизма не действует на новорожденных. Этот яд блокирует выделение из нервных окончаний нейромедиатора ацетилхолина, вызывающего сокращение мышечных волокон. Введение токсина взрослым крысам полностью подавляет сокращение мышц, а 25 % животных погибают. Мышечная активность ослаблялась и у новорожденных крысят, однако они не умирали, что, по мнению авторов, объясняется заменой «отравленных» вновь образующимися нервными клетками быстро растущей нервной системы.

Canadian Journal of Physiology and Pharmacology. 1989. Vol. 67. № 8. P. 879—882 (Канада).

В Токийском университете из крысиного мозга выделен неизвестный белок с молекулярной массой 205 кД. В клетке он связан с другим белком (тубулином), входящим в состав микротрубочек. С помощью моноклональных антител пока-

зано, что белок распределен в гиппокампе, коре мозга, сетчатке глаза, клетках нервной ткани и появляется на 3-й день после рождения. Высокая концентрация белка в нервных окончаниях указывает, по мнению авторов, на его участие в морфогенезе развивающегося мозга.

Brain Research. 1989. Vol. 502. P. 356—366 (США).

Правильный режим кормления овцематок перед спариванием и более раннее его начало ведут к увеличению числа рождающихся ягнят.

Farmers Weekly. 1989. № 15. P. 52 (Великобритания).

В США средняя концентрация нитратов в поверхностных водах составляет от 5 до 100 мг/л при предельно допустимом уровне для питьевой воды 10 мг/л. Из 45 тыс. водозаборных скважин в 5500 как минимум один пестицид содержится в опасной концентрации; еще в 5500 скважинах в допустимых концентрациях отмечены 73 пестицида, из которых, однако, 25 известны как канцерогенные вещества, 18 приводят к врожденным дефектам, 14 вызывают генетические нарушения.

Civil Engineering. 1989. Vol. 59. № 7. P. 60 (США).

В бассейнах рек внутренних областей Тянь-Шаня, традиционно считавшихся слабо активными, разрывы голоценового времени развиты, по данным К. Е. Абдрахматова, не меньше, чем в Северном Тянь-Шане, причем, как правило, они приурочены к центральным частям впадин, а более древние движения — к границам впадин и их горного обрамления.

Тезисы докладов XXIII Всесоюзного совещания «Геодинамика и развитие тектоносферы». М., 1990. С. 20—21.

ПРОТИВОСТОЯНИЕ

К 100-летию со дня рождения А. А. Любищева

М. Д. Голубовский,
доктор биологических наук

Ленинградский отдел Института истории естествознания и техники АН СССР

Имя Александра Александровича Любищева, крупнейшего энтомолога и систематика, яркого сторонника математизации биологии и философа стало достаточно популярным не только в среде биологов. Книга Д. Гранина «Эта странная жизнь», выдержавшая с 1974 г. более 10 изданий и переведенная на несколько иностранных языков, познакомила широкий круг читателей с жизнью и творчеством этого замечательного ученого. И наш журнал не раз обращался к яркой неординарной личности А. А. Любищева¹. Поэтому нет особой нужды рассказывать о биографии ученого и о его научном творчестве, оценка которого была и до сих пор остается неоднозначной. И это естественно. Ведь отличительной чертой Любищева был его острый философский критицизм. Все, кому приходилось общаться с Любищевым, помнят его как блестящего оппонента, не имеющего полных единомышленников даже среди близких ему по духу людей. Занимая позицию антидарвиниста, он во многом соглашался с Ч. Дарвином, одновременно критиковал номогенез Л. С. Берга, теорию которого в целом поддерживал. Но не это было самым главным в его жизни. Главным был поиск и отстаивание истины, и в науке, и в жизни. Яркое подтверждение тому — позиция Любищева в борьбе против монополии Лысенко. Этой мало известной стороне деятельности А. А. Любищева и посвящена наша публикация.

¹ См. в «Природе»: Любищев А. А. Значение и будущее систематики (1971. № 2. С. 15—23); Мейен С. В., Шредер Ю. А. Биологические парадоксы А. А. Любищева (1973. № 10. С. 38—42), Любищев А. А. Понятие номогенеза. Дарвинизм и недарвинизм (С. 42—48); Б. С. Кузин и А. А. Любищев о систематике. Скворцов А. К. Давняя дискуссия и современность (1983. № 6. С. 74—77); Из переписки Б. С. Кузина и А. А. Любищева (С. 77—87); Из переписки А. А. Любищева и П. Г. Светлова (1986. № 8. С. 90—100); Из переписки С. В. Мейена и А. А. Любищева (1990. № 4. С. 72—89.).

Кто за честь природы фехтовальщик?
О. Мандельштам

ЛЮБИЩЕВ относится к блестящей плеяде русских биологов, становление которых пришлось на начало XX в. — пик расцвета русской культуры. Его главные интересы лежали в области теории эволюции, систематики и морфологии, биометрии¹. Напряженная творческая работа, несмотря на удары «века-волкодава» продолжалась до конца жизни. Отвечая в 1960 г. на поздравление с 70-летием, Любищев писал П. Г. Светлову: «Сейчас я потратил много времени и труда на знакомство с Галилеем и Коперником, с Ньютоном я и раньше был знаком. Остались еще Кеплер и Бруно. В первой половине 1962 года надеюсь кончить астрономию, может быть, теоретическую механику, потом будут физические проблемы,

и в 1963 году надеюсь приступить к биологии, что займет, конечно, 2—3 года, а затем 2—3 года должно занять значение философии в этике и эстетике, религии, социологии и политике². В такие глубины вводила поставленная еще в молодости сверхзадача: найти законы, управляющие биологическим разнообразием, и разработать принципы теоретической биологии. У Любищева сложились особые отношения со временем, оно скрупулезно учитывалось как дар, возможность творчества.

И все же он считал своим долгом ученого и гражданина вступить в борьбу за науку и «возвысить голос против монополии, установленной в биологии Лысенко и его сторонниками». В этом выборе были мужество и драматизм. Замысел был глубок: проанализировать не только практические дея-

© Голубовский М. Д. Противостояние.

¹ Любищев А. А. Проблемы формы, систематики и эволюции организмов. М., 1982. С. 278.

² Ленинградское отделение Архива АН СССР (ЛО ААН). Ф. 1033. Оп. 3. № 69.



Александр Александрович Любичев [5.IV 1890—31.VIII 1972]

Фото В. С. Шустова.

ния и «достижения» Лысенко, его теоретические положения, но также социальные и философские причины торжества лысенковщины и «мичуринской биологии».

ЛЫСЕНКОВЩИНА КАК СОЦИАЛЬНАЯ БОЛЕЗНЬ

Слово «казенщина» лишь в слабой степени отражает ситуацию, сложившуюся в 20-е годы. Еще недавно казалось, что лысенковщина — нечто уникальное для советской науки и культуры, касается лишь биологии, результат случайного захвата власти в ней малокультурным фанатиком Лысенко. Теперь очевидно, что уже задолго до воцарения Лысенко, в конце 20-х годов произошла «фронтальная деструкция культуры и социогуманитарной мысли», а место философии занял суррогат веры, «невежественно-агрессивный по отношению к общечеловеческой культуре и атмосфере свобод-

ного научного поиска»³. Если в начале 20-х годов из страны выслали более 200 ученых-гуманитариев, то к 30-м годам были разгромлены целые научные направления и репрессированы их творцы. В отряд репрессированных наук попали социология и теория кооперации, демография, психология и педология, история.

«Я знаю, вы не дрогнете, сметая человека. / Что ж, мученики догмата, вы тоже жертвы века», — писал Пастернак в конце 20-х годов. Но «мученики догмата» одновременно были мучителями. Для них наука представлялась не самоценной областью человеческого духа, а лишь элементом построения их модели социализма. И, стало быть, наукой (или искусством и культурой вообще) нужно и можно руководить, управ-

³ Филатов В. П. // Вopr. философии. 1988. № 8. С. 3—23.

лять, как добычей полезных ископаемых или черной металлургией.

В итоге произошло полное подчинение (отождествление) философии идеологии, а последней — подчинение конкретным злободневным целям аппарата административной системы и идеалу этатизма (государства как высшей ценности)⁴. Истина и указания «вождя и учителя всех народов» стали синонимами. Уже в 30-е годы В. И. Вернадский констатировал пагубное для научной мысли положение, когда взгляды «философов-материалистов, значение которых в современной философской мысли в мировом ее охвате невелико», не будучи никогда систематически изложены, стали государственной философией. Отклонение от них признавалось ересью и жестоко каралось. Место философии заняли, по словам Вернадского, «словесный талмудизм и формальная схоластика», создалось «новое разращение мысли»⁵.

В соответствии с этим диагнозом вся социокультурная среда уже в конце 20-х годов оказалась пораженной тяжким недугом. В биологии этот синдром получил название лысенковщины. После сессии ВАСХНИЛ в августе 1948 г. даже молчаливое несогласие со взглядами Лысенко, с «мичуринской биологией» стали наказуемыми. Открытое же неприятие официально утвержденных взглядов Лысенко требовало подлинного мужества. Период господства лысенковщины в биологии поставил своего рода «грандиозный эксперимент по социальной психологии, подлежащий серьезному изучению»⁶. Эксперимент выявил границы прочности моральных устоев людей и спектр поведения научного сообщества в условиях стресса.

Стенограмма сессии ВАСХНИЛ 1948 г. показывает, на какую моральную деформацию вынуждены были идти биологи. Тем более следует оценить мужество тех ученых, кто не только не признал публично «мичуринскую биологию», но и решился на ее критический анализ в период ее господства. Так, известный советский генетик В. П. Эфроимсон, недавно ушедший из жизни, в 1947 г. перевел с английского резко критическую статью Ф. Г. Добржанского против Лысенко и рассказывал о ней на лекциях для студентов биофака Харьковского университета. Ко-

миссия Минвуза во главе с А. В. Топчиевым (будущий главный ученый секретарь Президиума АН СССР в 1950—1959 гг. и вице-президент в 1960—1963 гг.) изгнала Эфроимсона из университета «за поступки, порочащие высокое звание преподавателя высшей школы». Его докторская диссертация, успешно защищенная и утвержденная ВАКом в 1947 г., была задержана; степень доктора была присуждена автору только спустя 15 лет. Изгнанный с работы ученый посылает в ЦК КПСС докладную записку об ущербе, наносимом биологии и сельскому хозяйству распространением идей и методов Лысенко. В 1949 г. следует арест и заключение в концлагерь в Казахстане до 1955 г. Отбыв заключение, Эфроимсон снова вступает в борьбу, посылая антилысенковский трактат зам. Генерального прокурора СССР⁷. В 1956—1958 гг. он публикует серию антилысенковских статей в «Бюллетене МОИП». Такова была судьба всех выступлений против «единственно верного учения».

«ЛЫСЕНКИАНА» ЛЮБИЩЕВА

В противостоянии лысенковщине научно-публицистическая деятельность А. А. Любищева занимает особое место.

Первая статья, «Об аракеевском режиме в биологии», набросок всей программы, была написана уже летом 1953 г. К 1964 г. «лысенкиана» Любищева насчитывала несколько книг, полтора десятка статей и серию открытых писем в редакции журналов и газет. Прочтя рукопись расширенного варианта книги Ж. А. Медведева «Биологическая наука и культ личности»⁸, Любищев писал ему 31 августа 1964 г.: «Эта вторая редакция — большой шаг вперед по сравнению с первой. Вещь, конечно, превосходная и по эрудиции, и по документальности, и по ясности изложения. Но что для меня всего удивительнее? И я написал о том же предмете около 800 страниц. Вы в основном

⁴ Ахундов М. Д., Баженов Л. Б. У истоков идеологизированной науки // Природа. 1989. № 2. С. 90—102.

⁵ Вернадский В. И. // Вопр. истории естеств. и техн. 1988. № 1. С. 71—80.

⁶ Александров В. Я. // Знание — сила. 1987. № 10. С. 72—80; № 12. С. 50—58.

⁷ Эфроимсон В. П. // Вопр. истории естеств. и техн. 1989. № 1. С. 79—93; № 2. С. 132—147. В предисловии к этому обвинительному трактату против лысенковщины В. В. Бабков пишет: «В. П. Эфроимсон объяснил этот поступок своей мыслью (которую нельзя не признать наивной), что прокуратура произведет экспериментальную проверку законов Менделя, убедится в их справедливости и, таким образом, лысенковцы лишатся государственной поддержки».

⁸ Очерки по «Истории биологической дискуссии в СССР» Ж. А. Медведева, написанные в 1961—1962 гг. (дополнения в 1963—1964 и 1966—1967 гг.), распространялись в научной среде по типу «самиздата», но, несмотря на падение Лысенко в 1965 г., так и не вышли в свет в СССР. Лишь в 1989 г. были опубликованы небольшие фрагменты (Книжное обозрение. № 6. С. 4—5; Энергия. № 7. С. 29—35).

писали независимо от меня. Общая оценка совершенно совпадает, но мы почти не повторяем друг друга, разбирая в общем разные стороны одного и того же весьма скабрезного явления (есть еще поэтическая сторона того же вопроса в поэме «Космонавт» — великолепная вещь, знакома ли она Вам?). У Вас гораздо шире в смысле охвата разнообразных сторон биологии, очень много и основательно — чисто юридическая сторона и этический аспект. У меня эти последние стороны затронуты вскользь, но зато есть и критика Мичурина, и изложение вопросов так называемого вейсманизма-морганизма, которых у Вас нет. Не знаю, читали ли Вы мою заключительную часть «Что стоит Лысенко». Я приведу полный список моих лысенкиан в конце...»⁹

Из всей «лысенкианы» при жизни Любичева опубликовать ничего не удалось¹⁰. Критическая статья «Несколько замечаний по методике опытного дела» была в середине 50-х годов заказана редакцией «ботанического журнала», одобрена, но потом отвергнута как неподходящая по «профилю». «Получается», — писал Любичев в том же письме к Ж. Медведеву, — как в известном анекдоте — один завидный жених, долго ухаживавший за девицей, просил посмотреть ее в натуральном виде, ввиду возможности скрытых пороков, а когда увидел, сказал, что ему не нравится форма ее носа. Такой анекдот типичен для советских редакций».

Горьковатая и чуть солоноватая шутка типична для Любичева, находившего в своей родословной «ген гилиаризма» в сочетании с «геном оптимизма». Любичев продолжал лысенкиану и после падения Лысенко в 1964—1965 гг.¹¹

Итак, Любичев вступил на путь противостояния лысенковщине на всех уровнях административной системы. Он посылает свои статьи в верхние этажи власти и руководству наукой, пытается «прочистить» информационные каналы, по которым распространяются ложь и фальсификация, вызывает к авторитетам в научном и культурном обществе, посылая открытые письма.

⁹ ЛО ААН. Ф. 1033. Оп. 3. № 503.

¹⁰ Список, составленный самим Любичевым, состоял из трех разделов: основная работа «О монополии Лысенко в биологии», разделенная на 5 больших глав (по существу, книг), написанных в 1953—1958 гг.; в основном статьи и письма в редакции газет и журналов, письма Н. С. Хрущеву и ряду писателей; статьи, косвенно связанные со спорами в биологии.

¹¹ В 1965 г. в жанре историко-научной публицистики были написаны две замечательные статьи: «О положении в биологии и агрономии» и «О двух статьях по генетике», в которых критикуется упрощенный подход к истории науки (в частности, генетики) со стороны «победителей».

ВЫБОР

Вступив на этот путь, Любичев должен был устоять перед тремя искушениями: долг перед наукой, соблюдение идеологической территориальности, опасность «двух лагерей» или клановых симпатий. В этом смысле Любичев — уникальное явление в советской науке.

О первом искушении писала Н. Я. Мандельштам (с которой Любичев оказался в начале 50-х годов вместе в Ульяновске) в ответ на посланную ей первую антилысенковскую статью, пытаясь удержать Любичева от растративания таланта на борьбу с лженаукой и воинствующим невежеством (не правда ли, тема весьма актуальная и ныне): «Я говорю свое "Не надо" с других позиций. Самое убедительное для меня в Вашем письме — это то, что Вы ощущаете свое молчание как болезнь, что оно, в сущности, и есть причина болезни. Это прекрасное мужское свойство, которое я не раз наблюдала. Я видела, что мужчины — очевидно, люди с более глубокой социальной совестью, чем мы — бабье, — всегда болели, а часто и умирали, если не могли говорить о своей науке или искусстве того, что велела им совесть. Но мне жаль многих тех, которые не во время начинали... Я хочу, чтобы первым заговорило молодое поколение. Я хочу, чтобы это страшное мужское сознание долга было менее социальным. Ведь есть у Вас долг перед наукой (в более глубоком смысле социальный), который заставляет Вас сидеть у микроскопа, писать статьи о науке (пусть сейчас лысенковцы не дают их печатать), собирать и накалывать на булавки новые материалы. Есть два долга. Один — наука, другой — ответственность за те формы, которые получает данная отрасль данной науки в настоящую историческую минуту. Я не уверена, что второй долг серьезнее первого. Решает ведь первое. Именно первое — открытие, событие, находка — сметает второе... Я бы никогда не говорила "не надо" о проблемах первого пути — от долга я бы никому не сказала, что можно уклониться. Но во втором я уверена. Может, правы ваши академические друзья, которые решают свои непосредственные задачи. Может, это и есть прямой путь. Я не знаю, что сказать. Но первый путь — самое главное. Что делать?»¹²

Но Любичев свой нелегкий выбор сделал. И здесь его ждало второе искушение: затрагивать ли только научную сторону дела

¹² ЛО ААН. Ф. 1033. Оп. 2. № 97.

или анализировать все стороны лысенковщины, включая систему, которая ее породила. Дело в том, что идеократия, сложившаяся в 30-е годы, позволяла ученому относительную свободу творчества строго в рамках своей профессии, но сурово пресекала философское инакомыслие. Во всех рассуждениях на общие темы и дискуссиях требовалось произносить ритуальные фразы о верности «единственно верному учению».

Были ли исключения? Пожалуй, лишь И. П. Павлов, получив в самом начале революции «индულгенцию» от Ленина, позволял себе устное и письменное несогласие с введением единомыслия. Так, в 1935 г. он писал в Совнарком: «А введен в устав академии параграф, что вся научная работа академика должна вестись на платформе учения о диалектическом материализме Маркса — Энгельса — разве это не величайшее насилие над научной мыслью? Чем это отстает от средневековой инквизиции?»¹³

Любичев продолжил традицию свободомыслия русской интеллигенции, отбросив рамки идеологической территориальности. В этом была особая отвага. Все-таки Павлов — нобелевский лауреат, мировая величина. А официальный статус Любичева — провинциальный профессор. Трудно сказать, кто, кроме него, мог с такой внутренней свободой и достоинством писать в ЦК КПСС следующее: «Я к партии сыновних чувств не питаю, хотя был момент гражданской войны, когда я чуть-чуть не вступил в партию. Я питаю сыновние чувства к более длительным организациям: России, общечеловеческой культуре и всему человечеству... По отношению ко многим честным членам партия в сталинские времена оказалась подобной даже не мачехе, а матери, пожирающей собственных детей или убивающей их. Этого ни забыть, ни простить нельзя» (это написано в 1957 г.)¹⁴. В другом письме к В. П. Орлову Любичев касается официальной философии, которая пользовалась привилегией неприкосновенности: «Из того, что они только через 30 лет стали в порядке исключения признавать, что Лысенко — шарлатан, ясно, что пользы от нашей философии для науки нет. Из-за этого и чрезмерной гипертрофии "советского духовства" и "советского богословия" надо все это порядком сократить и допустить возможность разнообразия

мнений. Вот ярлык "идеализм" в смысле равноценном "виновен", надо полностью выкинуть в мусорный ящик истории. Идеализм — почтенное направление в философии, подавляющее большинство философов (а среди крупнейших, пожалуй, все без исключения) были идеалистами»¹⁵.

Любичев, как и Вернадский, был принципиальным сторонником научного и духовного плюрализма, сосуществования и взаимодействия разных потоков философской мысли. В области биологии он причислял себя к виталистам, понимая под витализмом прежде всего принципиальное признание особого уровня организации, особых законов, не сводимых к физике и химии. Догматическое представление о «двух лагерах» в философии неизменно вызывало отвращение Любичева, и он в пику казенщине принял на себя роль «воинствующего идеалиста». Типичен такой забавный эпизод. После одного из докладов Любичева в Московском обществе испытателей природы в 60-е годы один из молодых слушателей опасливо спросил, не попахивают ли взгляды докладчика идеализмом. На что последовала быстрая реплика: «Попахивают? Да я, молодой человек, идеалист с 1918 г.!» Вечный плюрализм философской мысли, множество пересекающихся ее потоков — такова была желанная для Любичева картина миропонимания.

Он полагал, что нет какого-то единого монолитного направления — идеализм. Объективный идеализм относится к онтологии, субъективный — к гносеологии. И поэтому можно быть (как К. Пирсон) гносеологическим идеалистом, а в области онтологии — материалистом. В биологии неперенным атрибутом материализма и его официальной версии считается абиогенез: возникновение жизни на земле из косной материи. Вернадский же исповедовал вечность жизни, т. е. был на этом уровне онтологическим идеалистом. Быстрый рост науки в XX в. сопровождался доминированием материалистической онтологии. Но одновременно выявились и огрехи в абсолютизации такого подхода. Ибо зачастую агрессивно или пренебрежительно воспринимался поиск и исследование феноменов, явлений, материальная основа которых в данное время совершенно неясна. А если нет «механизма», неясен материальный субстрат, то верные материалистической онтологии исследователи склонны отрицать или не замечать само явление, несмотря на множество фактов.

¹³ Переписка академика И. П. Павлова с В. М. Молотовым // Сов. культура. 1989. 14 янв.

¹⁴ «Неприлично молчание мне» (Из переписки профессора А. А. Любичева с инструктором ЦК КПСС В. П. Орловым. 1956—1971) // ЭКО. 1988. № 2. С. 97—123; № 3. С. 144—168.

¹⁵ Там же.

Вот лишь один пример из области генетики. С идеей постоянства и точной локализации генов связаны очевидные успехи хромосомной теории наследственности. Однако уже на заре становления генетики были известны случаи сверхвысокой изменчивости, нестабильности некоторых генов. Для их объяснения Б. Мак-Клинток выдвинула в конце 40-х годов идею, что эта нестабильность зависит от особого рода подвижных элементов, которые способны с большой частотой перемещаться в разные участки хромосом. Материальная природа «прыгающих генов» была неизвестной, факты и сама идея считались четверть века каким-то курьезом, досадным пятном на фоне лавины успехов. В 80-е годы это «облачко» дало начало новой подвижной генетике и общепромологической проблеме непостоянства генома, а Мак-Клинток стала лауреатом Нобелевской премии¹⁶.

Любичев считал допустимыми любые онтологические подходы, дающие возможность ясного описания явления. В ответ на возражение, что такого рода онтология идеалистична, ведет к допущению в науку чего-то непознаваемого, таинственного или мистического, он приводил примеры из истории науки: «Вызывали протест введение отрицательных чисел, иррациональных чисел, мнимых чисел. Мнимые числа прямо называли мистическими. Сейчас комплексные числа потеряли всякую таинственность: это просто векторные числа, имеющие направление... Что значит "непознаваемый", противоречащий здравому смыслу, непонятный? Таким является тяготение (тело действует там, где его нет), вечные неизменные атомы (таких в природе мы не встречаем), второй закон термодинамики вместе с признанием вечности мира и т. д. Но мы привыкаем ко всему этому и делаем вид, что они нам понятны»¹⁷.

В государственной философии тезис «сознание вторично, материя — первична» считался не подлежащим обсуждению. Этот догмат вызывал раздражение Любичева: «Разве сознание — не особый сорт бытия? Реально все вне моего сознания и независимо от моего сознания, но, например, твоё сознание независимо от моего сознания, значит, для меня оно материя, а мое сознание — материя для тебя, значит, и сознание — тоже материя»¹⁸.

Драматизм положения Любичева со-

стоял в том, что он вступился за биологию и генетику, в которых абсолютное большинство честных ученых под мощным давлением официальной идеологии и фразеологии не делали разницы между противопоставлениями типа «научный — ненаучный» и «материализм — идеализм». Ведь слово «идеализм» было не только синонимом ненаучного, но и реакционного, враждебного, классово чуждого. Спустя две недели после сессии ВАСХНИЛ 1948 г. вся система преподавания биологии в СССР была разгромлена. Министром высшего образования СССР С. В. Кафтановым 23 августа 1948 г. в одночасье были уволены или отстранены от преподавания сотни профессоров и преподавателей высшей школы.

Но вот парадокс. В отрицании с порога всего идеалистического и Лысенко с клеветами, и большинство его противников-биологов сходились. Обвинение в идеализме бросалось друг другу обеими сторонами.

Открытое выражение своих философских и общепромологических взглядов в период господства «единственно верного учения» ставило Любичева в положение заблудшего, отставшего от жизни ученого-чудака, юродивого, белой вороны. Идеализм Любичева оказался своего рода «охранной грамотой», которой пользовались шуты, позволяя себе говорить всю правду королю. Так Сталин не разрешал трогать «небожителя» Пастернака.

Третье искушение, которое преодолел Любичев, — клановая групповая этика, когда весь мир делится на своих и чужих, и в интересах победы над «чужими» надо не замечать грехов «своих». Любичев вполне следовал этическому принципу своего любимого поэта А. К. Толстого — «двух станом не боец», «спор с обоими мой жреби тайный». Не каждый, кто противостоит дьяволу, есть ангел, воплощение добра и истины. Если, по терминологии Любичева, лысенковщина — смесь фальсификации, клеветы и невежества, то отсюда вовсе не значит, что противники Лысенко не подлежат критике из тактических соображений. Любичев расходился с современной ему генетикой по ряду важных положений (проблема наследования признаков, приобретенных в ходе онтогенеза, роль отбора в эволюции, природа целесообразности, принципы построения систематики и т. д.). Но это не помешало ему решительно выступить за генетику и против профанации науки Лысенко и его окружением. При этом он не скрывал своих расхождений с теми, за кого вступался. Независимость духа, честность особо привлекательны в творчестве Любичева.

¹⁶ Х е с и н Р. Б. Непостоянство генома. М., 1984. Лауреаты Нобелевской премии 1983 года // Природа. 1984. № 1. С. 98—100.

¹⁷ ЛО ААН. Ф. 1033. Оп. 3. № 69.

¹⁸ Там же.

В борьбе с засильем лысенковской идеологии Любищев пришел к грустному выводу, что советская наука деформировалась под прессом идеологизации, а мировоззренческий монизм на фоне материалистической онтологии принимает подчас агрессивные формы. «Явление лысенковщины, сколь оно ни однозно, на самом деле есть лишь эпизод в более серьезном конфликте между истинным свободомыслием и той или иной формой догматизма. А догматизм возникает на почве чрезмерной самоуверенности и нетерпимости, на основе экстраполяции полезных взглядов за пределы их приложимости»¹⁹. Занимаясь систематикой и теорией эволюции, Любищев считал, что в природе действует принцип: **единство целого при свободе частей**. Таков же идеал гармоничного общества. И всякий раз, когда свобода частей (направлений в науке и философии и т. д.) подавлялась, Любищев как «отважный фехтовальщик» вступался за честь природы.

«КАК СЛОВО НАШЕ ОТЗОВЕТСЯ...»

Почти все статьи и письма Любищева в защиту науки остались неопубликованными. Но это не значит, что его самоотверженная деятельность по очистке «равгиевых конюшен» прошла бесследно. Реакция на нижних и верхних этажах власти была разной. Ульяновский обком, руководители педвуза и местной прессы организовали настоящую травлю. В ЦК КПСС он встретил вежливый прием и желание получать информацию «наверх». Инструктор ЦК КПСС В. П. Орлов, которому Любищев посылал свою «лысенкиану», осознав масштаб его личности, поддерживал его, перепечатывал антилысенковские статьи, знакомил с ними лиц, причастных к руководству наукой.

Статьи Любищева распространились в научном сообществе через «самиздат» не только среди биологов. В числе адресатов были математики и физики (А. А. Ляпунов, И. Е. Тамм, В. Я. Френкель, Р. Г. Баранцев, О. М. Калинин), историки (И. Д. Амузин и Л. М. Глускина), литераторы (Н. Я. Мандельштам и Г. А. Велле).

Многие свои эссе и письма Любищев посылал академику И. Е. Тамму, который называл его непревзойденным мастером эпистолярного жанра. Тамм пользовался большим авторитетом и влиянием в кругах физиков и математиков. С ним Любищев

познакомился еще в 1919 г. в Таврическом университете. Тамм писал Любищеву, что нелепость основных положений и алогизм Лысенко для него очевидны, но неясно, были ли «хотя бы в сравнительно отдаленном прошлом какие-либо существенные достижения в области агрономии, или и этого нет и не было. Несмотря на огромность причиненного им вреда, этот вопрос не лишен значения»²⁰. После прочтения книги Любищева «Что стоит Лысенко» и длительных бесед с ним Тамм, как и его ученик А. Д. Сахаров, занимали бескомпромиссную антилысенковскую позицию в Академии наук. В середине 50-х годов Тамм вместе с И. В. Курчатовым организовали в Институте атомной энергии семинар по современной генетике. Этот семинар стал центром возрождения генетики.

Но есть еще более глубокий уровень, на котором может быть оценено значение деятельности Любищева в защиту науки. «Благодаря Любищеву,— писал в 1977 г. С. В. Мейен,— я понял, как тесно связана повседневная исследовательская практика с глубочайшими философскими проблемами, что философия не общее рассуждение (как общие выводы в школьном сочинении) после того, как работа окончена, а стратегия самого исследования, стратегия мышления... Он взял эстафету и передал ее. Мы взяли что-то у него и понесем дальше. Думаю, что та линия, которую он поддерживал и постарался передать другим — одна из наиболее ценных в человеческом разуме (я бы назвал ее критическим реализмом)»²¹.

От страшного погрома, который претерпела наука как социальный институт, ей предстоит возрождаться долгие годы. Должны смениться научные поколения. Поэтому статьи и письма Любищева, а также уроки его самоотверженной деятельности в защиту науки и свободомыслия остаются актуальны. В 1952 г. Любищев формулирует свой основной постулат этики: «Способствуя победе над материей, мы одновременно осуществляем лозунг: жить согласно истинному смыслу природы». Этот постулат по существу совпадает с идеями В. И. Вернадского о переходе эволюции природы к состоянию ноосферы, где ведущая роль принадлежит человеческому разуму. Только следуя этому этическому и философскому принципу, можно достичь подлинного возрождения и создать свободное общество, достойное *Homo sapiens*.

²⁰ Там же.

²¹ Ответ С. В. Мейена на вопросы анкеты философа Ю. В. Линника.

Совещание, которое НЕ СОСТОЯЛОСЬ*

А. С. Сонин,

доктор физико-математических наук

ОБСУЖДЕНИЕ. ПОЗИЦИЯ ФИЗИКОВ АКАДЕМИИ НАУК

Как же в такой ситуации вели себя «обвиняемые»? Уже из дискуссий по докладом главных инициаторов совещания видно, что ведущие наши физики вели себя достойно, не позволяя себе, в отличие от университетских коллег, некорректности и личных выпадов. Однако необходимо было отвечать на обвинения, часто совершенно нелепые, защищаться от навешивания ярлыков «прислужников, пособников, предателей», ибо молчание могло привести к трагическим последствиям. Кроме того, и это, пожалуй, главное, требовалось бороться с дискредитацией самой новой физики, так как это могло привести к тяжелым последствиям для науки и страны.

Одним из первых выступил В. Л. Гинзбург. Вынужденный быть предельно осторожным, он покритиковал «махистов» Эддингтона и Иордана, использующих достижения физики для нужд реакционной философии, а также Бора, Гейзенберга, Дирака и Шредингера за утверждения о свободе воли у электрона. В то же время Гинзбург решительно отверг критику методологических выводов современной физики, наклеивание ярлыков, как это имело место в случае с Марковым.

Во второй части, посвященной «борьбе за честь, достоинство и приоритет», он высказался против шельмования, которому сам, кстати, неоднократно подвергался. Он привел такой пример: «Бывший директор Тимирязевской сельскохозяйственной академии академик В. Немчинов выступил в 1947 г. в "Литературной газете" с самой резкой критикой по моему адресу в связи с нецитированием мною некоторых статей бывшего профессора той же академии Д. Д. Иваненко. Здесь было бы, разумеется, неуместным заниматься разбором статьи В. Немчинова.

Ограничусь поэтому только указанием на явную недопустимость оценивать патриотизм советских ученых по числу цитат вообще и по числу ссылок на статьи Д. Иваненко и его сотрудников в особенности. Я, например, не считаю нужным и уместным всюду цитировать статьи Д. Иваненко и А. Соколова просто потому, что отношусь к большинству этих работ отрицательно, не считаю их ценными и подвергал их критике публично и в печати. Но дело сейчас не в моем мнении о статье В. Немчинова. Дело в том, что эта статья вызвала недоумение среди широких кругов физиков и 11 из них (3 академика, 6 членов-корреспондентов и 2 профессора) написали в "ЛГ" письмо с решительным протестом против ряда обвинений В. Немчинова. Однако "ЛГ" не только не опубликовала этого письма, но не потрудились даже кратко сообщить о факте прибытия письма и его содержании».

После выступления Гинзбурга засыпали вопросами. Ноздрев добивался у него признания, что статья Маркова проповедует субъективно-идеалистический подход, Карасев — что принцип дополнительности сугубо идеалистический; Иваненко обвинял Гинзбурга в рабологии перед иностранцами, а Предводителей настаивал, что статья Маркова совершенно неправильная. На все вопросы Гинзбург давал четкие и недвусмысленные ответы.

С понятным нетерпением все ждали выступлений Маркова и Френкеля. Марков, видимо, вначале не понял «сверхзадачу» совещания и пытался вести разговор по существу. Он начал объяснять, что к квантовой механике нельзя подходить метафизически, сводя принципиально новый взгляд на микромир к старым макроскопическим схемам классической физики. Он пытался показать это на примере принципа дополнительности, старался убедить, что в основе его лежит материалистическое содержание. Ведь в мире есть два класса физических

© Сонин А. С. Совещание, которое не состоялось.

* Окончание. Начало см. в № 3. С. 97—102; № 4. С. 91—98.

† Здесь и далее цитаты взяты из стенограмм заседания оргкомитета совещания. ЦГАОР. Ф. 9396. Оп. 1. Ед. хр. 245—252, 261, 264, 265, 267. (Прим. ред.)



Г. С. Ландсберг.



А. А. Андронов.



Я. И. Френкель.

условий: в одном объект микромира обладает точным значением импульса, в другом — точным положением. Эти условия взаимно исключают друг друга. Но они реализуются независимо от человека. Кроме того, приборы тоже делятся на два класса, объективно реализующих те или иные физические условия. Другая трактовка принципа дополнительности может привести к идеализму.

Подробно ответив на критику своей статьи «О природе физического знания», Марков показал, что во многих случаях эта критика была основана на непонимании сути дела. Однако в случае Максимова имела место и тенденциозная критика, с элементарным передергиванием цитат. Более того, оказалось, что Максимов сначала написал положительную рецензию на брошюру Маркова «О микромире», из которой родилась статья в «Вопросах философии». При этом он отметил наиболее удачные с его точки зрения, места. Каково же было изумление Маркова, когда в рецензии на его статью в «ЛГ» Максимов именно эти места представил как ошибочные.

Естественно, что подобное выступление Маркова не встретило одобрения оргкомитета. Общее мнение выразил Максимов: «... оно находится в полном противоречии с тем, что сейчас является главным предметом нашей общественности. Мы боремся с космополитизмом, мы боремся с раболепием перед иностранщиной. Все установки, весь тон выступления М. А. Маркова находятся в противоречии с этим устремлением нашей передовой общественности».

Затем на Маркова обрушился Георгиев. Его особенно возмутило, что Марков не покаялся в своих ошибках, его «воинствующая непримиримость в отношении критики». И далее, все больше и больше распаляясь: «Когда мы под этим углом зрения ставим вопрос о теоретических основах квантовой механики... в частности, физических концепциях Бора,— этот вопрос надо ставить по-партийному, так как физические вопросы встречаются с определенными политическими вопросами... Мы, физики, не смотрим на Бора как на физика. Это не наша, не марксистская точка зрения».

Маркова поддержали Гинзбург, Иоффе и Е. М. Лифшиц. Конечно, в той ситуации они вынуждены были высказать ряд критических замечаний, но эти замечания носили частный характер и в основном касались неудачных формулировок. А Гинзбург прямо заявил, что статья Маркова — крупное событие в философской литературе.

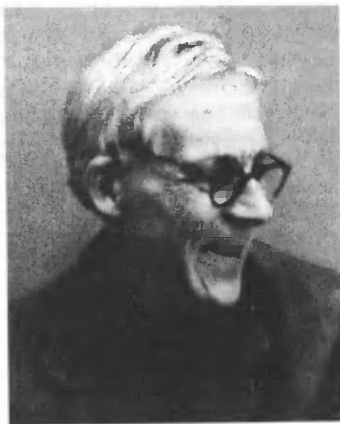
Затем слово взял Топчиев: «Нужно больше раскритиковать те недостатки, которые были в статье т. Маркова. Вы что думаете, случайно мы три месяца занимаемся этим вопросом? Директивные организации занимаются этим вопросом».

Итак, Топчиев откровенно высказал то, что ни для кого уже не являлось секретом: организаторов совещания не интересовала суть дела, гносеологические и методологические тонкости. Проводилась кампания, и нужны были жертвы.

С возражением Топчиеву выступили Тамм и Фок. Тамм отметил, что критика Маркова Максимовым и Георгиевым не-



М. А. Марков.



М. А. Леонтович.



В. А. Фок.

объективна; фактически они призывают отказать от квантовой теории. Ту же мысль высказал и Фок, подчеркнув, что «все возражения были гораздо поверхностнее, чем сама статья. ...Никакой поддержки физического идеализма в статье Маркова и его выступлении не было и нет».

Подобная позиция вызвала резкое возражение Вула, Карасева, Предводителя, Спасского и Иваненко. Правда, ничего нового они не сказали, но в выступлении Вула прозвучала характерная для того времени мысль — чтобы наука успешно развивалась, внутри нее необходимо поддерживать философскую борьбу: «Нужно руководствоваться правилом, которому нас учили, что главной опасностью является тот уклон, с которым перестают бороться. Если взять положение в физике, то у нас с метафизическим материализмом, с механицизмом... боролись активно... а с физическим идеализмом не боролись или, наоборот... в замаскированной форме пропагандировали его среди наших физиков. И поэтому, естественно, главной опасностью является для нас опасность проникновения к нам и распространения у нас идеалистических извращений... и огонь надо вести против этой опасности».

Поскольку Марков не стал перерабатывать свое выступление, повторного обсуждения не состоялось, но на последующих заседаниях оргкомитета почти каждый выступающий считал своим долгом обругать Маркова. Однако все понимали, что главной жертвой был не он, а Френкель.

Френкель это тоже понимал. Свое выступление он начал со следующего заявле-

ния: «В 1931 г. я высказал сомнение в применимости диалектического материализма к построению физической теории... Будучи физиком, а не философом, я не пытался углубиться в философские теории. Однако моя собственная работа над принципиальными вопросами теоретической физики, связанными с теорией относительности и квантовой механикой, постепенно привели меня к убеждению о ложности моей первоначальной позиции. Я увидел, что в своей собственной работе я безотчетливо пользовался методами материалистической диалектики».

После моего выступления в 1931 г. за мной прочно укрепилась репутация "идеалиста". Я утверждаю, что я всегда стоял на позициях философского материализма, в ленинском определении этого понятия... Я должен признать, что в прошлом эта философская позиция не всегда проводилась мною четко и последовательно».

После этого «покаяния» Френкель признал наиболее важную свою ошибку — действие частиц через пустоту. Что же касается методологических вопросов квантовой механики, то это не его философское творчество — он пересказывал то, что писали по этим вопросам основоположники: Бор, Гейзенберг, Шредингер и др.

Выступление Френкеля обсуждали два дня. Большинство высказалось отрицательно. По мнению Кузнецова, «Френкель изобразил себя "борцом за диалектический материализм", но прямо не осудил свои ошибки. В такой форме выступление Якова Ильича носит фальшивый, демагогический, неправильный характер, не самокритический».

Вул подчеркнул, что Френкель — «единственный физик у нас в Советском Союзе, который позволил себе открыто враждебно выступать против диалектического материализма. (...) Выступление Якова Ильича целесообразно на совещании только при том условии, если он резко осудит те явно ошибочные выступления, которые он делал в прошлом против диалектического материализма и... подвергнет последовательной критике ошибочные идеалистические взгляды, которые, к сожалению, имеются в большом числе его работ».

Еще резче высказался Георгиев: «Я думаю, что проф. Френкель целиком находится в плену реакционной философии, и поэтому, естественно, его слова о Марксе, Энгельсе — это слова, которые должны прикрыть его фактически враждебное отношение к марксизму...»

Ноздрев осудил антипатриотизм Френкеля, выразившийся в том, что тот печатал свои статьи и книги за границей.

С подробной критикой выступил «главный специалист по Френкелю» Зребный, по сути, повторивший свое выступление по докладу Вавилова.

Единодушно заклеили Френкеля также Предводителей, Путилов, Штейнман, Белецкий и Шевцов. Итог подвел Топчиев: «Вы знаете все решения партии, которые приняты за последние годы, вы знаете дискуссии... Поэтому мы просим вас, чтобы вы признали, что ошибки ваши есть серьезные ошибки... Я не слышал, чтобы вы сказали: "Права критика, я ошибался"».

Но Френкель стоял на своем: «Резюмируя, я хочу сказать следующее. На этом совещании я охотно, без всякого насилия над самим собой покритикую те взгляды, которые изложены мною в "Волновой механике" и повторялись в других книгах, указав, однако, что это не было моими взглядами, а было взглядами создателей квантовой механики, против которых я ничего противопоставить тогда не мог и излагал без критики. В этом моя ошибка, и я это обвинение полностью признаю. Но оно было вызвано несколько наивным тогда отношением к зарубежной науке».

Оргкомитет поручил Френкелю переработать свое выступление, чтобы заслушать его повторно.

Устроителям совещания очень важно было привлечь наиболее авторитетных физиков страны — их выступления с критикой физического идеализма и космополитизма должны были придать совещанию особую значимость. Однако подобные надежды не оправдались. Капица, Курчатов, Арцимович,

Александров, Ландау вообще отказались от участия в работе оргкомитета, а Леонтович и Лифшиц, хотя и присутствовали на некоторых заседаниях, отказались выступать. Те же из крупных физиков, которых удалось убедить подготовить выступления по докладу Вавилова, говорили совсем не то, что ждал от них оргкомитет.

Так, Фок подверг глубокому анализу основные законы современной физики: сохранения энергии, предельной скорости, принцип неопределенности. Он показал их гносеологическое значение, попутно коснувшись некорректных, с его точки зрения, высказываний Бора и Гейзенберга на философские темы.

Глубина и оригинальность доклада Фока произвели большое впечатление. Однако оргкомитет потребовал включить в доклад «решительную критику идеализма». Особенно усердствовал Путилов, повторявший избитые штампы, вроде того, что «в теории относительности имеются черты, не свойственные диалектическому материализму» или что «принцип неопределенности, с философской точки зрения, не может удовлетворить физиков, стоящих на почве диалектического материализма».

Тенденциозным было очередное выступление Акулова. Но на этот раз оно для него плохо кончилось. Акулов объявил, что «доклад неудовлетворителен по самой постановке задачи», поскольку «основной огонь... должен быть сосредоточен на тех физиках... которые... борются против основных положений диалектического материализма». Далее, комментируя высказывание Фока, что атомная энергия высвобождается за счет уменьшения массы ядра, он позволил себе следующую тираду: «Если бы студент 4—5 курса так выразился или экспериментатор, который знает эти вещи понаслышке, но Владимир Александрович, один из крупнейших наших теоретиков, как он может говорить, что атомная энергия получается за счет инертной массы ядра... Здесь имеет место перераспределение массы и перераспределение энергии, и нельзя формулировать, что масса превращается в энергию».

На это Иоффе бросил реплику: «Но нельзя же такую чепуху без конца говорить». Акулов ему ответил: «Абрам Федорович, вы столько чепухи наговорили за свою жизнь...»

Эта фраза вызвала возмущение всех присутствующих. Андронов, Лифшиц, Фок и Тамм в знак протеста против оскорбления Иоффе покинули заседание. Топчиев лишил Акулова слова и потребовал, чтобы тот

извинился перед Иоффе. Акулов, в свою очередь, потребовал, чтобы вначале Иоффе извинился перед ним за то, что назвал его выступление «чепухой». Тогда Топчиев объявил перерыв и вызвал членов оргкомитета к себе в кабинет. Через некоторое время оргкомитет, обсудив создавшееся положение, вынес единогласно следующее решение:

«Предложить профессору Акулову принести извинение Абраму Федоровичу Иоффе в том, что он, Акулов, допустил бестактное выступление. Если он откажется... предложить ему оставить заседание оргкомитета».

Далее последовала сцена почти по Чехову:

«Акулов:

Я считаю неправильным свое выступление, которое выразилось в следующем. Я в ответ на тенденциозное и, я бы сказал, провокационное замечание Абрама Федоровича ответил...

С места:

Безобразия, это новое оскорбление!

Акулов:

... ответил резко... Я признаю свою ошибку, что должен был промолчать и просить застенографировать выступление Абрама Федоровича.

Топчиев:

Вы не хотите принести извинения. В таком случае Вам придется выполнить постановление оргкомитета и покинуть зал заседания.

(Акулов удалился).

После ухода Акулова покинувшие в знак протеста зал вернулись, и обсуждение продолжилось. Совместными усилиями в конце концов удалось убедить Фока, и он добавил к тексту своего выступления раздел «Критика философского идеализма в современной физике» — несколько дежурных фраз о Боре, Гейзенберге и Иордане.

Выступление Г. С. Ландсберга планировалось в рамках обсуждения доклада Вавилова. Но он, к удивлению членов оргкомитета, стал говорить не об идеализме и космополитизме, а о преподавании физики в вузах. О целях совещания ему напомнил Путилов. Имея в виду выступление Фока и Ландсберга, он сказал: «Получается... что крупнейшие физики уходят от обсуждения». Это была правда. Фок, Ландсберг и другие тем или иным способом старались избежать участия в сомнительной кампании.

Так, Андронов говорил о важной роли физики в науке и технике, о недостатках в преподавании физики в школе и вузах, о роли учителя в подготовке физика любого уровня. Он привел пример своего учителя Мандельштама, блестящего лектора и педагога, крупного ученого. «Я не оговорился, когда назвал Мандельштама русским физиком. Мне кажется, здесь надо рас-

суждать так. Антон Рубинштейн — это русский музыкант, Левитан — это русский художник, и Мандельштам — это русский физик. Если мне еврей скажет, что Мандельштам еврейский физик, я отвечу этому еврею, что он еврейский националист. Если мне русский скажет, что Мандельштам еврейский физик, то я скажу этому русскому, что он русский националист и шовинист».

Первым бросился в бой Кессених. Он так охарактеризовал школы Мандельштама и Папалекси: «Простая и ясная характеристика — безродный космополитизм — это совершенно точная и определенно применяемая формулировка к очень значительной части установок школы Мандельштама и Папалекси, к ряду их учеников», которые «заметно или незаметно направляли большую политику советской радиофизики в сторону от наиболее актуальных вещей». Досталось и Иоффе: «Роль его явилась ролью безродного космополита, который на советской почве приобрел блестящие условия для развития своих способностей, своей школы и который направил значительную часть того, что давалось ему... советским народом, не на пользу советского народа, а... привел к замораживанию, выхолащиванию... усилий, которые сюда были направлены».

Кессениху ответил Ландсберг, определив его выступление как «яркий пример недоброжелательной критики». Что же касается позиции Кессениха вообще, то Ландсберг рассказал о следующем эпизоде. Участвуя в работе комиссии по проверке Томского университета, где ректором тогда был Кессених, Ландсберг попросил его создать благоприятную обстановку для работы местных физиков-теоретиков. На что Кессених возразил: «А не кажется ли Вам странным, что были арестованы Бурсиан, Крутков, Фредерикс? Не следует ли из этого, что надо к физикам-теоретикам относиться со специальным подозрением?»²

Выступление Тамма больше соответствовало цели совещания. Он прошелся по идеалистам, затронул вопросы борьбы за престиж советской науки, но большую часть выступления посвящал новым проблемам теоретической физики.

Тем не менее дискуссия по докладу развернулась опять вокруг космополитизма, замалчивания достижений советской науки и вопросов приоритета. Тон снова задал

² Подробнее об этом см.: Успенская Н. В. Вредительство ... в деле изучения солнечного затмения. // Природа. 1989. № 8. С. 86—98.

Кессених — в книге Ландау и Лифшица «Механика сплошных сред» нет упоминания имени Умова, зато есть Мах. Но поскольку идет борьба с концепцией и идеями Маха, вовсе не обязательно связывать его имя с определенными вещами. Однако в 1941 г. в одном из всесоюзных стандартов была восстановлена единица, связанная с именем Маха. Пожаловавшись, что в одном докладе ученик Леонтовича на него не сослался, он так закончил свое выступление: «Вопрос о цитатах, именах, упоминаниях... совсем не невинная вещь, а тактика, продуманная, согласованная, производящая впечатление хорошо отлаженной организации, по которой надо ударить и против которой надо бороться».

Ему возразил Тамм, назвавший несколько отечественных работ, приоритет которых он всегда считал нужным защищать. Тут же последовал традиционный вопрос Иваненко, следует ли защищать приоритет по модели ядра, в которой есть и его (Иваненко) участие? Тамм ответил положительно.

И тут не выдержал Ландсберг: «Профессор Иваненко чрезвычайно настойчиво обвиняет всех тех, кто забыл или не счел нужным упомянуть его или его сотрудников, вплоть до того, что считает пробным камнем советского патриотизма — отношение того или иного ученого к работам Иваненко». Недавно в английском журнале "Nature" Ландсберг наткнулся на работу Иваненко «Успехи теоретической физики Советского Союза за 25 лет». В ней были «перечислены все его [Иваненко] работы, а очень многих советских ученых я там не нашел (...) Достаточно прочесть эту статью, чтобы получить совершенно отчетливое представление о том, как вопросы советского патриотизма отстаиваются самим проф. Иваненко. Я не обратил бы внимания на это — могут быть всякие неудачные статьи. Но когда такая статья выходит из-под пера человека, чуть ли не специализировавшегося на том, как нужно оберегать достоинство советских ученых, то она производит именно такое впечатление».

Страсти накалились. Иваненко ответил, что он борется «против сплошного... бойкотирования нашей группы, наших ближайших сотрудников, а затем советской физики вообще... Агрессия... сплошной бойкот направлены как раз со стороны определенной группы сотрудников, группирующихся... вокруг Игоря Евгеньевича и его учеников Гинзбурга, Фейнберга, Беленького».

Тамм возразил, что он и его ученики не цитируют только те работы Иваненко и

его сотрудников, которые считают неверными или не вносящими ничего нового.

Противоречиво выступил Вул. Как крупный ученый, хорошо понимающий современную физику, он не мог опуститься до уровня философов в оценке методологического значения теории относительности и квантовой механики. Но, будучи членом оргкомитета, он не мог не критиковать «физический идеализм». Поэтому в его выступлении наряду с положениями о том, что современная физика в целом подтверждает диалектический материализм, содержались нападки на «некоторых физиков (Эйнштейн, Гейзенберг), которые неправильно трактуют законы развития и впадают в идеализм». Отдавая дань общей оценке принципа неопределенности как агностического, Вул выдвинул предложение назвать его соотношением взаимодействия, подчеркивая тем самым частный, инструментальный его характер.

КТО ОТМЕНИЛ СОВЕЩАНИЕ?

В самом начале работы оргкомитет образовал комиссию по подготовке постановления Всесоюзного совещания физиков. Ее возглавил Шевцов. В стенограммах заседаний обсуждение постановления не отражено. В окончательном виде оно фигурирует только в приложении к упоминавшемуся письму Кафтанова Ворошилову. В нем были обычная демагогия и штампы, например:

«Для советской физики особое значение имеет борьба с низкопоклонством и раболепием перед Западом, воспитание чувства национальной гордости, веры в неисчерпаемые силы советского народа.

Необходимо беспощадно выкорчевывать всякие оттенки космополитизма — идеологического оружия диверсии англо-американского империализма».

И, конечно, следуют назидательные примеры: «Однако некоторые физики (Ландау, Иоффе), раболепствуя перед Западом, заявляли, что наша физика имела "провинциальный" характер, что физика в Советском Союзе к моменту революции практически не существовала.

Откровенный космополитизм проповедовал академик Капица в годы Отечественной войны, когда народ самоотверженно защищал свою национальную независимость.

Вместо того, чтобы раскритиковать идеалистические черты физических теорий, создаваемых за рубежом, некоторые наши физики не критически воспринимают эти тео-

рии и пропагандируют их в нашей стране (Френкель, Марков)».

Ну и далее, как всегда, — «усилить, принять меры, считать первейшей задачей» и т. д., и т. п.

В резолюции фигурируют те же имена, которые на все лады склонялись на заседаниях оргкомитета. Если бы совещание состоялось, они стали бы первыми жертвами «оргвыводов». А за ними последовали бы другие...

Стенограммы кончаются заседанием оргкомитета от 16 марта 1949 г. Как заявил на нем Топчиев, совещание должно было начаться 21 марта 1949 г. Но в тот день оно не началось. К счастью для советской физики, оно не состоялось вообще.

Кто же сорвал три месяца готовившийся по поручению секретариата ЦК ВКП(б) грандиозный спектакль? Это мог быть только Сталин. Никто из его окружения никогда не решился бы взять на себя такую ответственность.

Конечно, вряд ли он сам осознал пагубность для советской физики предстоя-

щего совещания. Видимо, кто-то его определенным образом информировал. Это мог быть Курчатов, хотя, скорее всего, это сделал Берия, курировавший работы по атомной проблеме. По словам заместителя Курчатова И. Н. Головина, референт Берия генерал В. А. Махнов рассказывал ему, что такой разговор был. На одном из совещаний в начале 1949 г. Берия спросил у Курчатова, правда ли, что теория относительности и квантовая механика — это идеализм и от них надо отказаться. На это Курчатов ответил: «Мы делаем бомбу, действие которой основано на теории относительности и квантовой механики. Если от них отказаться, придется отказаться и от бомбы». Берия был явно встревожен подобным ответом и сказал, что самое главное — бомба, а все остальное — ерунда. Видимо, он тут же связался со Сталиным, и тот отменил совещание.

Однако борьба с «физическим идеализмом» и «космополитизмом» на этом не закончилась; она продолжалась до середины 50-х годов.

Глазами очевидца

Академик М. А. Марков

Публикуя материалы, посвященные истории нашей науки, мы меньше всего хотим, чтобы у читателя сложилось впечатление, что в ней все уже ясно и понятно. Процесс ее познания только начинается, поэтому основное наше стремление — осветить «сцену» с возможно большего числа точек, дать не плоскостную, а объемную картину явления. Тем более что время, о котором идет речь в статье А. С. Сонина, было сложным, порой трагичным. Автор не принимал непосредственного участия в описанных событиях, он «пережил» их, погрузившись в кипы архивных материалов. Но при этом всегда существует опасность неадекватной оценки и интерпретации фактов, вызванная тем, что человек смотрит на них с сегодняшних позиций.

С учетом этого редакция обратилась к одному из главных героев тех трудных для нашей науки дней.

СЕЙЧАС я переиздаю работу, которая послужила объектом для критики на том совещании, причем текст ее почти не изменился. Добавляется вторая часть, в ней я, в частности, пишу о том, что и те, кто меня защищал, и те, кто ругал, в действительности так до конца и не поняли того, что я написал.

В 1960 г. я получил от С. Мюллера-Маркуса, работающего в Университете восточноевропейских исследований во Фрейбурге, статью «Нильс Бор во „мраке“ и „свете“ советской

философии». В ней есть главы: «„Дело“ Маркова», «Осуждение Маркова». Автор подробно описывает дискуссию в физике начала 50-х годов в главах «Период реакции — 1948—1954 гг.», «Бор — диалектический материалист», «Новая эпоха», «Бор в Москве и Дубне».

Эту статью я также включил в приложение к своей давней работе. Теперь я называю ее «О трех интерпретациях квантовой механики»: боровской, которой, в основном, и посвящена публикация; статистической (со-

гласно которой квантовая механика описывает только ансамбль, а не индивидуальную частицу), развитой в работах А. Эйнштейна и других, и эвереттовской (многомировой), у нас почти неизвестной. К общему названию я добавил подзаголовок «Об образовании понятия объективной реальности в человеческой практике», выражающий суть работы.

Статья начинается с цитаты — это третий тезис Маркса о главном недостатке предшествующего материализма, включая и фейербаховский. Я рас-

смотрим проблему с точки зрения человеческой практики. Человек — существо макроскопическое, он изучает микромир по его проявлениям в макромире, иными словами, рассматривает проекции микромира на макромир. Спрашивается, полностью ли изучается микромир с помощью этих проекций? Я отвечаю — полностью. Для пояснения приведу пример: если пространственная фигура, например конус, пересекается плоскостью, то сечение может быть кругом, эллипсом, параболой или точкой. Изучая эти проекции, мы познаем данную объективную реальность (конус), но познаем своеобразно — в одном объекте может оказаться несколько противоречивых свойств. Я называю это «кентаврообразностью». Точно так же в макроскопических проявлениях электрон — и волна, и частица. Это и есть разные проекции микромира на макромир.

А вот позиция Бора: при толковании всех измерений в собственном смысле необходимо пользоваться классическим представлением, несмотря на то что классическая теория не может сама по себе объяснить тех новых закономерностей, с которыми мы имеем дело. Как бы далеко ни уходило явление за рамки классического объяснения, все опытные данные должны описываться при помощи классических понятий.

Классические понятия — импульс, координата, время, энергия — сформулированы человеком в макроскопической классической практике. Все функции в уравнении Шредингера во всех интерпретациях — функции этих переменных. Эти понятия связаны с существованием самого человека как макроскопического объекта. Поэтому-то в результате человеческой практики выясняется, что в одной макроскопической установке, с одним классом приборов электрон имеет определенное положение и не имеет определенного импульса, а в других макроусловиях, с другими макроприборами он обладает определенным импульсом, но не имеет определенного положения. Но поскольку человек волен менять макроскопические

условия эксперимента, субъективность в описании реальных свойств мира связана с макроскопическим своеобразием познания его человеком.

Что же касается позиции Эйнштейна, то я так пишу о ней в своей статье: «Эйнштейн фактически требует, чтобы понятие объективной реальности всегда формулировалось вне рамок человеческой практики. В квантовой механике это значит требовать описания свойств микрочастицы вне макроскопических условий ее наблюдения». Сам Эйнштейн упрекал Бора в позитивизме, и в этом во многом виноват Бор, поскольку он не всегда аккуратно и четко излагал свои идеи, часто бывал небрежен в терминологии при описании субъекта и объекта, так что иногда его можно было упрекнуть в агностицизме, иногда в субъективном идеализме, но чаще всего в позитивизме».

Представляет интерес ответ самого Бора на прямо поставленный ему вопрос. Известно свидетельство профессора Слива, который некоторое время проходил стажировку в институте Бора в Копенгагене. Профессор Слив сказал Бору, что в Советском Союзе его часто считают субъективным идеалистом. Затем последовал прямой вопрос, считает ли Бор, что микромир, микрообъекты существуют объективно, вне нашего сознания? Бор, по словам Слива, его даже сразу не понял, но поняв, ответил: «А как же иначе? Конечно, существует, независимо от нашего сознания». И далее продолжал: «И в моей стране мне иногда приписывают такую же точку зрения».

Вот и Мюллер-Маркус в своей статье говорит о концепции теории познания Бора, элементы которой будто бы исправил В. А. Фок. Однако у Бора не было никакой специфической концепции теории познания, у него была физическая интерпретация содержания квантовой механики, сформулированная в двух его основных тезисах, плюс соотношение неопределенностей Гейзенберга и связанный с ним принцип дополнительности. Но диалог Фока и Бора, о котором рассказывает Мюллер-Маркус, важен тем, что, по свидетельству Фока, Бор категори-

чески отрицал свою принадлежность к позитивистам.

Я столь подробно говорю обо всем этом, чтобы читатель понял, что ситуация в физике (вокруг квантовой механики) в 1949 г. была очень сложной. Безусловно, тон задали события в биологии (сессия ВАСХНИЛ 1948 г.), которые автоматически старались перенести теперь на физику. Обстановка была тяжелой, она приобрела уже политическую окраску. Но усугублялась она еще и тем, что среди самих создателей квантовой механики не было единого понимания. В принципе, обсуждение глубинной сути квантовой механики требовалось, но, конечно, на высоком профессиональном уровне. Это должен был быть разговор физиков, разговор «равных», причем, подчеркиваю, на одном языке. А вмешательство людей некомпетентных, часто просто преследующих далекие от науки цели, повело совещание по другому пути, не имеющему ничего общего с поиском научной истины.

Как же готовилось это совещание? Был Президиум АН СССР, на котором обсуждались итоги сессии ВАСХНИЛ. Меня встретил Вавилов и сказал: «Моисей Александрович, выступал Максимов, он требует провести соответствующее совещание по физике, и главным «идеалистом» должны стать Вы». А незадолго до этого Максимов опубликовал в «Литературной газете» статью под названием «Об одном философском кентавре», в которой речь шла обо мне. Таким образом, в широкой печати уже началась дискуссия по поводу квантовой механики.

У меня была книга, вернее, вариант рукописи, которую Максимов прочел, сделав на полях пометки: «Действительно хорошо, необходимо публиковать». Не знаю, понял ли он суть написанного до конца, но тем не менее в тот момент поддержал меня. И вдруг такая статья в «ЛГ» и затем выступление на Президиуме АН. Я пошел в партком Института философии, где тогда работал Максимов. Там я показал рукопись с заключением Максимова и сказал: «Я знаю двух Максимовых — один читает мою рукопись и дает положительное заключе-

ние, советует поскорее ее издать, а другой публикует в «ЛГ» статью с совершенно противоположной оценкой моей работы. Какой же из двух Максимовых настоящий?» В этот момент появляется Максимов и говорит: «Я снял свое предложение (имелось в виду предложение на Президиуме АН СССР)». На что я ответил: «Что это — шуба, что ли, что Вы ее то надеваете, то снимаете?! Так вот, я свое заявление назад не беру».

Началась подготовка к совещанию. Я заболел воспалением легких и на первых заседаниях оргкомитета не присутствовал. Когда же поправился, то на один из дней было назначено мое выступление. Вел заседание Топчиев; помню, там были Митин, Фок. Видимо, Фок и раньше ссылался на мою работу, давая ей высокую оценку, потому что, когда в моем присутствии он опять заговорил о ней, последовала язвительная реплика Митина: «Замечательная работа!», а сидевший за мной Топчиев тихо проговорил: «Слушай, признай что-нибудь».

Поэтому я не могу согласиться с А. С. Сониным в том, что я не сразу понял истинную суть происходящего. Я прекрасно все понял, более того, именно предвидя подобную ситуацию, так долго отказывался печатать эту работу. Дело в том, что о философских проблемах квантовой механики просил меня написать Вавилов. На этом настаивали и

в ЦК: там, конечно, не было людей, разбиравшихся в сложных проблемах этого новейшего раздела физики, но атмосферу «общественного недовольства» они уловили правильно.

Я написал работу и отдал ее Вавилову; он вскоре вернул ее с резолюцией: «Товарищу М. А. Маркову. Прошу учесть замечания и подготовить рукопись в печать».

У Вавилова возникла идея опубликовать работу в виде книги, причем в академическом издательстве; он написал к ней предисловие, в котором, чтобы несколько смягчить ситуацию, немного покритиковал некоторые положения. А в итоге эта работа появилась в виде статьи в журнале «Вопросы философии». Вот как это получилось. В разговоре со мной главный редактор академического издательства Е. С. Лихтенштейн сообщил, что Вавилов прислал ему письмо с предложением издать мою работу. «А Вы знаете, что после этого начнется?» — спросил его я. — «?» — «А вот увидите». — «Но ведь ее рекомендует сам Вавилов!» — «Но за издательство отвечаете Вы». — Вы серьезно?» — «Абсолютно». Тогда он передал рукопись на отзыв в институт, где работал Кедров. И вот мне звонят и говорят, что готова верстка моей статьи. Я отвечаю, что ничего никому не давал. Трубку берет Кедров: «Мне прислали на отзыв Вашу рукопись, она мне понравилась, особенно несколько глав, и я решил их опублико-

вать». В то время вышел первый номер «Вопросов философии». По существу, он весь был посвящен докладу Жданова. А для второго номера Кедров и просил мою статью. Я долго не соглашался, но он меня уговорил.

Почему же совещание так и не состоялось? Думаю, в статье Сонины правильно указаны возможные механизмы. Во всяком случае, у меня нет другой версии. Знаю только, что после всего мои лекции (я читал в университете на физфаке «Теорию ядра») были отменены. Узнав об этом, Вавилов позвонил тогдашнему ректору МГУ Несмеянову, а тот ответил: «Я молодой член партии, так решил партком университета, я не могу этому противиться». Правда, продолжалось это недолго.

В заключение еще раз хочу отметить, что во многом ситуация была усугублена непониманием сути квантовой механики. Ведь известно, что Фок ездил к Бору разбираться, но, по сути, это был разговор двух глухих. Фок решил, что в чем-то ему удалось убедить Бора, но, когда в 1961 г. Бор приехал в Москву и его стали спрашивать об этом, то он сказал, что это недоразумение. Так что даже столь светлые головы не могли понять друг друга.

Вопрос о сути квантовой механики не потерял своей актуальности и сегодня. Необходимо адекватный язык. Пожалуй, это сейчас самое главное.

© Записала Н. Д. Морозова



Премия Общества

М. Планка — Н. Н. Воронцову

В 1983 г. в ФРГ Бруно Шуберт создал фонд для поощрения исследований проблем охраны природы. Ежегодно проценты фонда делятся на три части — 40 тыс. марок идут на персональную премию за выдающиеся заслуги в деле охраны природы, по 30 тыс. выделяется на стипендии молодым исследователям, возраст которых не превышает 25 лет, и на субсидии общественным организациям.

Персональная премия присуждается специальным комитетом от имени Общества М. Планка. За все годы существования ее лишь трижды получили иностранные ученые. Первым стал Жак Ив Кусто, отмеченный за исследования по охране фауны Северного моря, затем Дж. Шаллер — за работы по спасению большой панды (у нас он широко известен как автор книги «Год под знаком гориллы»). И вот этой премии удостоен Николай Николаевич Воронцов за выдающиеся успехи в научных исследованиях и пропаганде охраны природы, в особенности животного мира.

Н. Н. Воронцов — крупный териолог, один из создателей нового направления в зоологии — кариосистематики млекопитающих. Но мне хочется обратиться к истокам его научной деятельности, поскольку, как это часто бывает, именно в них лежит ключ к пониманию судьбы ученого.

Середина 50-х годов: «коттепель», начинающая пробуждать страну, почти не затронула биологии, в ней все еще царит «ледниковье» лысенковщины. Если в конце 40-х годов многие известные генетики нашли приют у дружественных им зоологов (в зоологических экспедициях участвует Р. Б. Хесин, публикует орнитологические

статьи Н. П. Дубинин), то к 50-м годам начинается как бы обратный процесс. Зоология оказывается вне поля зрения идеологов от науки, и вот многие молодые зоологи начинают всерьез интересоваться генетикой — организуют подпольные семинары, приглашают на них возвращающихся в столицу опальных ученых. Лидером этого движения на биологическом факультете МГУ стал аспирант Николай Воронцов. Старosta такого «домашнего» семинара, он в 1958 г. публикует в антилысенковском «Бюллетене Московского общества испытателей природы» (редактор В. Н. Сукачев) статью «Значение изучения хромосомных наборов для систематики млекопитающих». Она оказалась пионерской не только для все еще лысенковской отечественной биологии, но и для мировой науки и вскоре была переведена за рубежом.

От этого узла и потянулись, переплетаясь, генетическая и зоологическая нити в научном творчестве Воронцова. Но за основным, магистральным направлением скрывалось и еще одно. Годом раньше, в 1957 г., Воронцов публикует в «Ленинградской правде» (№ 134) статью «О биологическом влиянии взрывов ядерного оружия», которую затем перепечатали многие областные газеты. В тот момент была смела и актуальна не только сама постановка вопроса о генетических последствиях ядерных испытаний, но важно было еще раз привлечь внимание к генетике. Позднее Воронцов еще раз возвращается к этой теме в статье, написанной с В. А. Энгельгардтом. Не здесь ли истоки сегодняшней деятельности Н. Н. Воронцова в качестве председателя Государственного комитета СССР по охране природы? Возможно, в той небольшой газетной заметке и кроется ответ на вопрос, который задают сейчас многие, — почему известный ученый согласился, по сути, оставить науку ради административно-общественной деятельности,

после того как от предложенного ему поста уже отказались восемь его коллег¹.

Были у Воронцова и другие публикации на темы охраны природы. Он поднимал, в том числе и на страницах «Природы», проблемы последствий массового применения пестицидов, охраны генофонда². Но все же большая часть его природоохранной деятельности остается «за кадром» открытых публикаций — в виде писем в защиту заповедников, рек, озер и обращений в высокие инстанции.

И все же, что послужило причиной столь знаменательного события, как присуждение премии Общества М. Планка? Конечно, Н. Н. Воронцова знают в ФРГ как крупного ученого, уже много лет он член редколлегии одного из известных немецких биологических журналов. Но, вероятно, в первую очередь за этим стоит надежда европейской интеллигенции на то, что ученые, облеченные властью, смогут выправить наш вывихнутый мир.

© Н. А. Формозов,
Москва

Космические исследования

33-й полет по программе «Спейс шаттл»

9 января 1990 г. с космодрома на м. Канаверал (штат Флорида, США) осуществлен 33-й запуск космической транспортной системы «Спейс шаттл». Орбитальной ступенью служил корабль «Колумбия» с экипажем в составе: Дж. Бранденштейн

¹ Успенская Н. В. Нужна полная экологическая гласность. (Беседа с Н. Н. Воронцовым) // Природа. 1989. № 11. С. 3—7.

² См. напр.: Воронцов Н. Н., Гаспарян К. М. Генофонд диких баранов в отдаленной гибридной // Природа. 1988. № 4. С. 49—53.

(командир), Д. Уздерби (пилот), Бонни Данбар, Марша Айвинз и Д. Лоу (специалисты по операциям на орбите).

В программу полета входили выведение спутника связи ВМФ США, снятие с орбиты и доставка на Землю находившегося в космосе с 1984 г. спутника массой 10,5 т, проведение научных исследований и испытательных бортовых систем.

10 января мощные пружины вытолкнули из грузового отсека «Колумбии» спутник «Синком-4» массой 8474 кг; спустя 80 с на нем развернулась антенна, через 45 мин включился двигатель межорбитального буксира, который перевел «Синком-4» на геостационарную орбиту.

«Синком-4» завершает создание глобальной военной системы связи, созданной фирмой «Хьюз коммьюникейшнз» и арендуемой у нее ВМС США (ежегодно за каждый спутник выплачивается по 16,75 млн долл). Находясь под контролем ВМС, система «Синком» обслуживает все виды вооруженных сил США.

После нескольких коррекций орбиты «Колумбия» сблизилась с отработавшим свой срок спутником, захватила его манипулятором, а затем на протяжении 4 ч фотографировала его под разными углами (если бы спутник не удалось поместить в грузовой отсек и пришлось оставить на орбите, фотографирование позволило бы спасти хоть часть собранной информации). Спутник предназначался для проведения 57 экспериментов по изучению воздействия космической среды на различные материалы, как закрепленные на внешней поверхности, так и находящиеся на борту (включая 12,5 млн семян помидоров). Ученые получили возможность узнать, как длительные невесомость и воздействие космического излучения повлияли на свойства семян и растений, которые из них собираются вырастить.

В программе полета эксперименты по выращиванию кристаллов белка и космическому материаловедению, наблюдения за адаптацией организма к невесомости; отработка технологии получения на орбите высокоочищенных лекарственных пре-

паратов против рака, СПИДа, гипертонии и артрита; исследование возможности промышленного применения материалов, обработанных в условиях микрогравитации; наблюдения за плавлением и кристаллизацией индия.

Полет «Колумбии» одновременно стал первым летным испытанием установленных на самом старом корабле серии «шаттл» модифицированных систем жизнеобеспечения и удаления отходов, а также топливной системы двигателей ориентации и коррекции. Эти системы позволят продлить время орбитального полета до 28 сут.

20 января «Колумбия» совершила посадку на авиабазе Эдвардс (штат Калифорния); полет продолжался 10 сут 21 ч 1 мин, т. е. на 13 ч 14 мин дольше, чем на том же корабле в 1983 г. Второй рекорд состоял в том, что еще не приходилось сажать столь тяжелый корабль: его посадочная масса 103 602 кг, что почти на 3800 кг больше, чем в полете «Колумбии» с научным модулем «Спейслэб» в 1983 г. Из-за большой массы «Колумбия» приземлилась на бетонную полосу, а не на поверхность высохшего соляного озера. Но при такой посадке жесткие требования к условиям видимости, и это заставило отложить ее на сутки в связи с густым туманом.

Завершившийся полет — первый из четырех 10-дневных полетов «шаттлов», за которыми последуют два или три 13-дневных, а в начале 1993 г. намечается 16-дневный полет, в ходе которого «Колумбия» доставит в космос первые элементы орбитальной станции.

© С. А. Никитин
Москва

Космические исследования

Гейзеры на Тритоне

Анализируя снимки, сделанные «Вояджером-2» в 100 тыс. км от Тритона — крупнейшего спутника Нептуна, сотрудники Лаборатории реактивного движения (Пасадина, штат

Калифорния, США) обнаружили на них изображения потоков темноокрашенных частиц и газов, подобно гейзеру, вертикально выбрасываемых с поверхности спутника в его разреженную атмосферу. На космических снимках, сделанных ранее с большого расстояния, различались лишь отдельные темные пятна. Тогда было высказано предположение, что это следы мощных выбросов в геологическом прошлом. Теперь же очевидно, что подобная активность имеет место и ныне, а группа вулканически активных тел Солнечной системы (Земля, Венера и спутник Юпитера Ио) пополнилась четвертым членом.

Струя вещества, образующая, по всей вероятности, сухой гейзер на Тритоне, поднимается до высоты 8 км. Это удалось определить, сопоставляя стереофотографии, делавшиеся по мере сближения космического аппарата с Тритоном.

Видимо, находящийся под давлением азот бурно вырывается из недр Тритона сквозь трещины и расщелины в его ледяной оболочке. Мощные струи увлекают и частицы льда. Темная окраска объясняется тем, что вещество гейзера постоянно подвергается бомбардировке заряженными частицами солнечного ветра.

New Scientist. 1989. Vol. 124. № 1689.
Р. 34 (Великобритания).

Астрофизика

Существует ли Сверхгалактика?

Вопрос этот обсуждается астрономами с 50-х годов. Данные в оптическом и рентгеновском диапазонах свидетельствовали о концентрации источников вдоль некоторой плоскости, называемой плоскостью Сверхгалактики. Из оптических наблюдений известно, что это относится не только к отдельным галактикам, но и их скоплениям (вплоть до красных смещений $Z \sim 0,02 - 0,05$).

Как показали исследования П. Шейвера и М. Пирре

(P. Shaver, M. Pierre; Южная европейская обсерватория), похожая картина наблюдается и в радиодиапазоне. Был использован каталог одного полушария (Moloney catalogue), где, согласно оптическим наблюдениям, концентрация галактик в плоскости Сверхгалактики максимальна. Обнаружено повышенное количество источников в полосе около 10° вдоль плоскости Сверхгалактики. Большое внимание исследователи уделили анализу достоверности исходных наблюдательных данных. Их мнение однозначно: концентрация радионисточников в плоскости Сверхгалактики — реальный эффект, который не может быть связан с аппаратными погрешностями или процедурой обработки данных.

Относительно протяженности Сверхгалактики пока ясно не нет; в различных работах даются несовпадающие оценки. Большинство авторов сходится в том, что плоскость Сверхгалактики простирается вплоть до $Z \sim 0,02$.

Чтобы надежнее оценить размер Сверхгалактики, необходимы довольно трудоемкие исследования по отождествлению оптических радионисточников.

Astronomy and Astrophysics. 1989. Vol. 220. P. 35—41 (США).

Астрофизика

Судьба солнечных протуберанцев

Принято считать, что протуберанцы — мощные выбросы солнечного вещества, вздымающиеся над поверхностью Солнца более чем на половину его радиуса $R_\odot$ (т. е. на 500 тыс. км), — либо полностью отрываются от своего источника и уходят в космическое пространство, либо «рассасываются». Только небольшие по размеру образования, обычно составляющие $0,1 R_\odot$, падают обратно на поверхность Солнца.

Однако 20 июня 1989 г. камеры, установленные на борту американского спутника «SMM»

(Solar Maximum Mission), провели фотосъемку процесса, в ходе которого протуберанец, поднявшийся более чем на 3,5 млн км, «рухнул» затем обратно. Подобное явление зафиксировано впервые за все время как наземных, так и космических наблюдений за Солнцем.

Как предположил Д. Раст (D. N. Rust; Лаборатория прикладной физики при Университете им. Дж. Гопкинса, Лоурел, штат Мэриленд, США), «на свое место» протуберанец возвращается под воздействием мощного магнитного поля Солнца.

К числу других «достижений» спутника «SMM» относят и то, что по состоянию на 8 июля 1989 г. он зафиксировал девять случаев непосредственного взаимодействия с Солнцем комет, которые после прохождения вблизи солнечного диска больше уже не показывались по другую его сторону. Очевидно, они полностью испарялись под влиянием высокой температуры.

Science News. 1989. Vol. 136. № 4. P. 52 (США).

Астрофизика

Корреляционные функции и скрытая масса Вселенной

Еще в 1949 г. С. Чандрасекар предсказывал, что теория турбулентности сыграет значительную роль в астрофизике¹. Однако после непродолжительного всплеска интереса к этому вопросу, вызванного в основном работами С. А. Каплана и С. Б. Пикельнера², к концу 50-х годов астрофизики охладели к данной проблеме.

И вот спустя 30 лет интерес возрождается вновь. Исследователи Принстонской обсерватории (США), используя аппарат теории однородной и изотропной турбулентности, а также данные наблюдений крупно-

масштабных движений, определили скорости относительного движения галактик. Многие выкладки, приведенные в работе, практически повторяют вычисления С. А. Каплана для набора молекулярных облаков. Авторы утверждают, что их метод надежен в интервале $500 \text{ км/с} \leq H \leq 4000 \text{ км/с}$, где H — постоянная Хаббла, r — расстояние до галактики, причем корреляция наблюдается значительно дальше указанного верхнего предела.

Последнее утверждение не согласуется с моделью Вселенной, заполненной «холодной» небарионной материей, которая и создает скрытую массу. Корреляционные функции скорости, характерные для такой модели, отличаются от наблюдаемых как по форме, так и по амплитуде. В то же время, если скрытая масса, о которой свидетельствуют, например, кривые дифференциального вращения галактик, имеет барионную природу (т. е. представлена обычным веществом), данные наблюдений не противоречат теоретическим результатам.

Понимая, как легко ошибиться в подобных расчетах, проводя усреднение на основе небогатой статистики, а также, сколь сильно сделанное утверждение (ведь большинство астрофизиков придерживается мнения о небарионной природе скрытой массы), авторы оговариваются, что их результаты предварительны и исследования будут продолжены.

Astrophysical Journal. 1989. Vol. 346. P. 558—565 (США).

Астрофизика

Кометоподобный радионисточник в центре Галактики

Если и есть в нашей звездной системе — Галактике — область, которую с наибольшим основанием можно назвать «Терра инкогнита», то это, безусловно, ее центр.

Недавно в копилку наших знаний о нем добавился ма-

¹ Chandrasekhar S. // *Astrophys. J.* 1949. Vol. 110. P. 329.

² Каплан С. А., Пикельнер С. Б. Межзвездная среда. М., 1963.

териал, полученный американскими радиоастрономами с помощью радиотелескопа VLA Национальной радиоастрономической обсерватории США (Сокорро, штат Нью-Мексико). Обнаружен экзотический радиоисточник G359.2—8, имеющий конусообразную форму: в головной части, вблизи вершины он содержит компактный компонент. Видимый угловой размер этого компонента составляет 1" при общей протяженности «хвоста» около 12'. Подобная конфигурация и послужила основанием для аналогии с кометами. Впрочем, это не более чем зрительная аналогия, и на ее основании пока невозможно построить физически обоснованную модель источника.

Относительно его природы высказываются различные предположения, среди которых наибольшей популярностью пользуются два: движущаяся с большой скоростью молодая нейтронная звезда и двойная система, в которой происходит аккреция вещества с одной звезды на другую. Для обоих предположений существенна сравнительно высокая скорость движения объекта сквозь межзвездную среду. Именно этим качеством наделены многие астрофизические объекты, обнаруженные вблизи центра Галактики (гигантские звезды поздних спектральных классов, молекулярные облака).

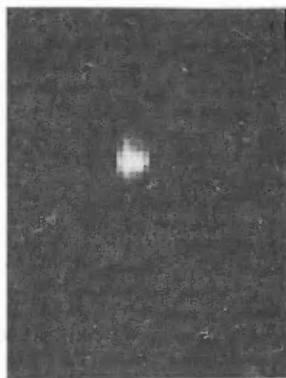
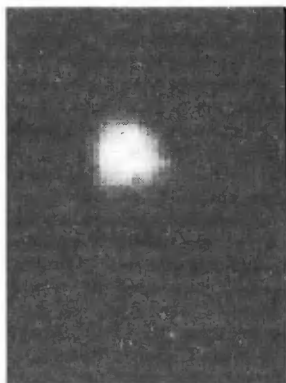
Изучение «кометоподобного» источника может оказаться полезным и для понимания физики центральной области Галактики — ведь невозможно заранее решить, исследование какого вида космических объектов может стать здесь решающим.

Bulletin of American Astronomical Society. 1989. Vol. 21. № 1. (США).

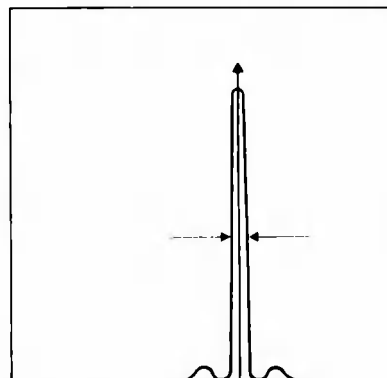
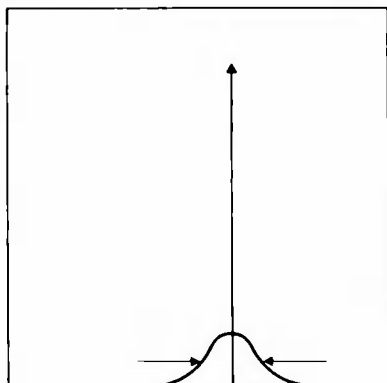
Астрономия

Оптическая астрономия: рывок к дифракционному пределу

Давняя мечта астрономов становится реальностью — усилиями международной группы



Изображение звезды, полученное на телескопе диаметром 1,52 м без применения [вверху] и с применением адаптивной оптики. Справа показаны соответствующие разрезы изображений: стрелками отмечены ширины изображений по уровню половинной интенсивности (общепринятая характеристика разрешающей способности инструмента).



из Европейской южной обсерватории, концерна «Аэро-спасьяль» (Франция) и Парижской обсерватории создан телескоп с адаптивной оптикой.

Оптический телескоп, сконструированный в XVII в., всегда был для наиболее искусственных астрономов-наблюдателей источником известной неудовлетворенности: из-за возмущений при распространении света от исследуемого объекта в атмосфере Земли не удавалось достичь предела разрешающей способности — так называемого дифракционного предела. При этом разница

между ним и реализуемым разрешением была тем больше, чем больше диаметр основного зеркала (или линзы) телескопа. Причина в том, что неоднородности турбулентной атмосферы (а они существуют даже в самую безветренную ночь) искажают волновой фронт регистрируемого излучения, в результате чего изображение размывается. Для лучших наземных оптических телескопов при самых благоприятных условиях редко удается достичь разрешения в десятые доли угловой секунды. Свободными от подобных ограничений будут оптические телескопы, вынесенные в космос.

Созданная адаптивная система позволяет компенсировать искажения волнового фронта регистрируемого излучения при наземных наблюдениях. Основными блоками системы являются измерители кривизны фронта приходящего излучения, быстродействующая ЭВМ, а также исполнительные органы, которые деформируют основное зеркало телескопа так, чтобы

компенсировать атмосферные искажения волнового фронта. Все компоненты системы находятся на грани возможного современной технологии. Например, эффективное быстроедействие ЭВМ составляет сотни миллионов операций в секунду, исполнительные органы (все их 19) допускают контролируемые перемещения с микронным шагом, «подстройку» формы зеркала можно проводить 100 раз в секунду.

В дальнейшем аналогичной системой будет оснащены уже существующий телескоп Европейской южной обсерватории в Ла Силла (Чили) диаметром 3,6 м, а также проектируемый телескоп диаметром 16 м. Благодаря применению адаптивных систем разрешающую способность телескопов, видимо, удастся улучшить не менее, чем в 10 раз.

ESO. Press Release PR 06/89 (ФРГ).

Астрономия

Наземно-космический интерферометр

Как известно, разрешающая способность радиоинтерферометра со сверхдлинной базой (РСДБ) определяется отношением длины волны, на которой ведется наблюдение, к величине базы (расстоянию между антеннами интерферометрической пары). В наземных условиях, когда база не превышает земного диаметра, на сантиметровых волнах эта величина ограничена 0,001", что недостаточно для изучения структуры удаленных компактных радиоисточников. Если же хотя бы одну антенну вывести в космос, разрешающая способность инструмента значительно улучшится.

В середине 90-х годов планируется запуск двух специализированных космических аппаратов с 10-метровыми радиотелескопами в рамках советского проекта «Радиоастрон» (с участием специалистов 14 стран) и японского проекта «VSOP». Однако еще до запуска

этих аппаратов радиоастрономы получили возможность проверить основные технические решения создаваемых наземно-космических РСДБ с помощью американского спутника связи системы TDRSS¹.

В 1988 г. проведена последняя серия РСДБ-экспериментов с использованием этого спутника (в дальнейшем он будет эксплуатироваться только по прямому назначению — как ретранслятор). Наблюдения велись на частоте 15 ГГц (длина волны около 2 см). Наземное плечо интерферометра состояло из антенн комплекса Дальней космической связи НАСА в Австралии (диаметр 70 м) и Радиообсерватории Нобейяма в Японии (45 м). Максимальная база составила 1,63 диаметра Земли — примерно вдвое больше, чем у любого наземного интерферометра на данной частоте.

Экспериментаторы столкнулись с немалыми трудностями при обработке результатов наблюдений; в основном это связано с использованием неспециализированной радиоастрономической аппаратуры и малым диаметром антенны на спутнике (низким отношением сигнала к шуму). И тем не менее большинство исследуемых компактных внегалактических источников были устойчиво выделены, что позволило оценить их яркостную температуру. Полученные результаты являются серьезным аргументом в пользу разработки методик будущих РСДБ-экспериментов в космосе.

Немногие летательные аппараты «при жизни» удостоиваются чести демонстрироваться в Смитсоновском музее истории авиации и космонавтики (Вашингтон, США). Полноразмерный макет спутника TDRSS — первенца наземно-космической радиоинтерферометрии — по достоинству украшает один из его павильонов.

Preprint Jet Propulsion Laboratory.
1990 (США).

Физика

Новые измерения лептонных распадов Z^0 -бозонов

В ЦЕРНе (Женева, Швейцария) на встречных пучках электронов и позитронов продолжаются исследования свойств Z^0 -бозонов. В работе участвовали сотрудники 35 институтов и университетов Европы, США, Китая, Индии и СССР (в том числе Ленинградского института ядерной физики и Института теоретической и экспериментальной физики); всего около 300 человек.

Напомним, что при энергии e^+e^- , близкой к массе Z^0 -частицы (около 91 ГэВ), бозоны рождаются в большом количестве и без сопровождения других частиц.

О первых результатах «Природа» уже сообщала¹. Так, было показано, что существуют только три поколения фермионов. Сейчас одна из групп, работающая на e^+e^- -коллайдере (так называемая L3-коллаборация), проанализировала распады Z^0 на пары $\mu^+\mu^-$ и $\tau^+\tau^-$. Детекторы, регистрировавшие эти события, находились в однородном магнитном поле напряженностью 0,5 Т, создаваемом магнитом с полюсами диаметром 12 м. В случае рождения пары $\tau^+\tau^-$ τ -лептоны быстро распадаются на $e^+(e^-)$ или $\mu^+(\mu^-)$ и два нейтрино. В частности, в работе приведено восстановленное событие: $e^+e^- \rightarrow Z^0 \rightarrow \tau^+\tau^- \rightarrow e^+ \nu_e \bar{\nu}_\tau + \mu^- \bar{\nu}_\mu \nu_\tau$.

Всего было отобрано 83 случая распада Z^0 на $\tau^+\tau^-$ и 97 — на $\mu^+\mu^-$. Была определена ширина соответствующего резонанса: $\Gamma_{\tau\tau} = 84 (\pm 5 \pm 4)$ МэВ, $\Gamma_{\mu\mu} = 92 (\pm 5 \pm 3)$ МэВ; в скобках приведены статистическая и систематическая ошибки.

Полученные значения $\Gamma_{\tau\tau}$ и $\Gamma_{\mu\mu}$ хорошо согласуются с определенным ранее этой же группой значением $\Gamma_{ee} = 88 (\pm 9 \pm 7)$ МэВ.

Кроме того, исследова-

¹ Гурвич Л. И. Радиоинтерферометрический эксперимент в космосе // Природа. 1987. № 3. С. 104.

¹ Первые новости о e^+e^- -коллайдерах // Природа. 1990. № 3. С. 107.

лись угловые распределения $\mu^+(\mu^-)$ - и $\tau^+(\tau^-)$ -лептонов относительно направления исходных e^+e^- -частиц. Эти распределения могут иметь так называемую асимметрию «вперед — назад» (она означает, что, например, вероятность вылета μ^+ под углом 30° к направлению движения исходного позитрона не равна вероятности его вылета под углом 150°).

Если начальная энергия электрон-позитронного пучка равна массе Z^0 -бозона, асимметрия имеет простой смысл. В промежуточном состоянии существует реальный Z^0 -бозон со спином, равным единице. Так как слабое взаимодействие не сохраняет Р- и С-симметрии, то Z^0 может распадаться как в зарядовое, так и в зарядовонечетное состояния пары лептон — антилептон. В теории электрослабых взаимодействий амплитуды соответствующих переходов пропорциональны константам g_V и g_A , которые выражаются через $\sin^2\theta_W$, где θ_W — угол Вайнберга. Другие опыты дают сейчас $\sin^2\theta_W = 0,23$, поэтому g_V должна быть мала.

И действительно, при энергии, близкой к массе Z^0 , асимметрия мала; значения констант, определенные из опыта: $|g_A| = 0,515 \pm 0,015$; $g_V = 0 \pm 0,07$.

Preprint ETH, L3. 1989
(Швейцария).

Физика

Высокотемпературный никельсодержащий сверхпроводник

В последнее время внимание физиков и технологов привлекает соединение $La_{2-x}Sr_xCuO_4$, обладающее высокотемпературной сверхпроводимостью. Так как никель и медь весьма схожи по электронным характеристикам, высказывались предположения о возможности заменить медь в сверхпроводящем оксиде никелем. Недавно Ю. Хониг (Ju. Honig; Университет Пердью, США) сообщил о том, что ему, видимо, уда-

лось синтезировать никельсодержащий сверхпроводник $La_{2-x}Sr_xNiO_4$.

Образцы нового соединения в отдельных случаях сохраняют сверхпроводящие свойства вплоть до 70 К. Однако представленные результаты не однозначны — свойства образцов меняются в зависимости от способа их получения; так, критическая температура может находиться в пределах 4—70 К, обычно около 20 К; а в некоторых случаях сверхпроводимость вообще не наблюдается.

По мнению автора, полученный комплексный оксид состоит из двух фаз — сверхпроводящей и обычной, — соотношение между которыми может меняться в зависимости от условий синтеза. Поэтому в ряде лабораторий продолжается интенсивное исследование полученных образцов. В случае подтверждения результатов Хонига можно говорить о получении нового класса сверхпроводников.

Science. 1989. Vol. 243. P. 741
(США).

Технология

Адаптивная ткань

В Министерстве сельского хозяйства США разработан новый тип ткани с изменяющимися в зависимости от внешних условий свойствами. Одежда из такой ткани в жару охлаждает, в холод согревает и, кроме того, испаряет влагу, выделяемую телом. Подобные свойства ткань приобретает за счет специального покрытия из воскообразного вещества на основе полиэтиленгликоля с молекулярной массой около 1000 Д.

Его молекулярная структура зависит от температуры: при охлаждении вещество переходит из мягкого состояния в твердое и наоборот. Размягчаясь, оно поглощает тепло, затвердевая — высвобождает.

При смене внешних условий переход покрытия в новую

фазу происходит за 20 мин. Покрытие обладает такой же прочностью и износостойкостью, что и основная ткань. Уже сшиты образцы нижнего белья и лыжной одежды. Намечается начать выпуск зимней и спортивной одежды.

New Scientist. 1989. Vol. 123.
№ 1684. P. 34 (Великобритания).

Биофизика

Экспресс-ЯМР-диагностика рака

Исследователи из Института химической физики АН СССР для оперативной ранней диагностики и химиотерапии рака применили метод ядерного магнитного резонанса на основе изотопа фосфора (^{31}P -ЯМР). Спектры ЯМР позволяют определять содержание в ткани некоторых фосфорорганических соединений, количество которых свидетельствует о прогрессе или регрессе опухоли. Использовались специализированные ЯМР-датчики с поверхностной катушкой небольшого диаметра (5 мм), позволяющие получать спектры высокого разрешения на ранней стадии роста опухолей. Препараты, используемые для химиотерапии, вводили подопытным мышам; когда опухоль достигала массы 0,6—1,2 г.

Изменения спектров ^{31}P -ЯМР, отражающие реакцию энергетической системы клеток на введение препарата, проявляются раньше, чем гистологические изменения, поэтому они могут служить тестом эффективности применяемой химиотерапии в достаточно ранние сроки после ее начала. Важно подчеркнуть, что тест не специфичен ни по отношению к типу опухоли, ни к применяемому препарату. Что особенно ценно для клинических исследований, предложенный метод не требует дополнительного вмешательства в организм.

Доклады АН СССР. 1990. Т. 308.
№ 4. С. 986—999.

Биохимия

Как растения образуют водород

Хорошо известно, что высшие растения выделяют кислород из воды в процессе фотосинтеза. Менее известно, что на свету они способны также образовывать молекулярный водород. Научные публикации по этой проблеме малочисленны, а результаты экспериментов не являются общепризнанными, так как в высших растениях не обнаружен фермент — гидрогеназа, который содержится во всех других организмах, выделяющих водород.

С. В. Мальцев, С. И. Аллахвердиев и другие (Институт почвоведения и фотосинтеза АН СССР, Пушкино) получили данные, подтверждающие способность высших растений выделять водород. Они выделили из листьев препарат, который при освещении в присутствии органического донора электронов (тетраметил-п-фенилендиамин) образовывал водород, регистрируемый высокочувствительным газовым хроматографом. Интересно, что этим препаратом оказалась так называемая фотосистема 2 — часть фотосинтетического аппарата растений, ответственная за выделение кислорода из воды. Причем она выделяла водород в тех условиях, когда выделение кислорода было подавлено. Однако это не исключает возможности одновременного образования водорода и кислорода (фоторазложения воды) растениями. Исследования по ключевой проблеме фотосинтеза продолжают.

Доклады АН СССР. 1989. Т. 304. № 2. С. 469—474.

Биохимия

Антибиотики у муравьев

Австралийские биологи обнаружили, что муравьи вырабатывают антибиотики к возбудителям инфекции, присут-

ствующим в их колониях. Оказалось, что эти антибиотики эффективны против различных микроорганизмов, в особенности грибов, вызывающих заболевания у людей. Наиболее активно они убивают *Candida albicans*, вызывающую у людей молочницу — болезнь слизистых оболочек.

А. Битти (A. Beattie; Сиднейский университет) исследовал 12 видов муравьев. Его интересовало, почему муравьи почти не участвуют в опылении цветов, как пчелы или осы. Он обнаружил, что пыльца растений, соприкасаясь с телом муравья, разрушается секретом, выделяемым из желез метоплевральных складок, расположенных в задней части груди. Исследователь установил, что этот секрет содержит антибиотик, названный им метаплюрином, который муравьи используют, чтобы предотвратить размножение грибов и бактерий на своем теле. (В состав антибиотика входят молекулы липида, и по строению он сильно отличается от известных антибиотиков.). Однако ряд видов, например крылатые, у которых отсутствуют такие железы, прекрасно опыляют орхидные растения.

При изучении антибактериальных свойств метаплюрина выяснилось, что на большинство бактерий он не действует, но есть исключения — некоторые стафилококки, устойчивые к действию других антибиотиков. Поэтому метаплюрин можно использовать при заживлении ран после хирургических операций. Кроме того, важны также его противогрибковые свойства, так как эффективных средств против грибов практически нет.

New Scientist. 1989. Vol. 124. N 1691. P. 32 (Великобритания).

Биохимия

Внешность — по сезону

В Калифорнийском университете (США) обнаружено интересное свойство у гусениц одной из бабочек-пядениц: они меняют свой внешний вид в за-

висимости от пищи и времени года. Э. Грин (E. Greene) определил, что гусеницы, появляющиеся весной, когда дубы, на которых они живут, покрыты пушистыми коричневыми соцветиями — сережками, сами выглядят как сережки дуба; их маленькие рты и челюсти приспособлены для питания мягкими пыльцевыми мешочками. Гусеницы же, выводящиеся летом, питаются довольно жесткими листьями, имеют большие мощные челюсти и внешне похожи на веточки.

По мнению Грина, изменение их внешнего вида обусловлено происходящими в них биохимическими процессами, которые зависят от присутствия в листьях дуба танина.

International Wildlife. 1989. July — August. P. 28 (США).

Иммунология

Иммунитет и наркомания

На медицинском факультете Университета штата Техас (Хьюстон) исследована взаимосвязь иммунной системы и наркомании. Крысам подкожно вводили капсулу с 75 мг морфина, и через 72 ч развивалась выраженная зависимость от наркотика. При последующем введении антагониста наркотика — налоксона — у животных возникал синдром отмены (абстиненция) со специфическими поведенческими реакциями. Иммунитет подавляли радиоактивным облучением дозой 500 рад, что предотвращало развитие этого синдрома. Если же после облучения крысам вводили клетки селезенки нормальных животных, вырабатывающих антитела (т. е. восстанавливали иммунитет), синдром развивался, как и у необлученных крыс-наркоманов.

В другой серии опытов иммунитет подавляли циклоsporином А или специальной диетой (пуриновой). При этом абстинентный синдром проявлялся слабо.

Итак, эксперименты свидетельствуют о важной роли иммунной системы в развитии

синдрома отмены при наркомании, что имеет большое значение при лечении наркотических больных¹.

International Journal of Immunopharmacology. 1989. Vol. 11. N 4. P. 371—375; Life Science. 1989. Vol. 4. N 14. P. 977—983 (США).

Иммунология

Быть ли пептидным вакцинам!

При создании вакцин против различных инфекций, особенно вирусных, надежды возлагаются на вакцины из пептидов, небольших фрагментов белка. В идеале эти вакцины должны содержать лишь минимум компонентов микроорганизмов, лишенных, в отличие от обычных вакцин, загрязняющих примесей. Это уменьшит вероятность нежелательных побочных эффектов, в частности аллергических реакций.

Р. Джемерсон и Р. Бланкенфельд (R. Jemerson, R. Blankenfeld; Медицинская школа штата Миннесоты, США) показали, что если активировать пептидами В-лимфоциты, то они не смогут в дальнейшем реагировать на сам белок, содержащий эти пептиды. При этом В-лимфоциты будут связываться с белком благодаря поверхностным рецепторам и секретироваемым продуктам — антителам, правда, весьма слабо. Авторы объясняют этот феномен недостаточно высоким сродством к белку рецепторов В-лимфоцитов, реактивных к пептидам. Рецепторы В-лимфоцитов приспособлены для распознавания небольших участков поверхности белковых молекул в их естественной форме — свернутой в клубок полипептидной цепи. Эти участки, скорее всего, образованы сразу

несколькими фрагментами цепи, которые, независимо от своего расположения, оказываются сближенными в клубке. Поэтому пептид может представлять лишь часть искомого участка, и то если он, имеет нужную форму.

Таким образом, по мнению авторов, пептидная вакцина не способна вызвать образование антител, эффективно реагирующих с белками микроорганизмов и В-лимфоцитов, отвечающих на возбудитель инфекции.

Как же объяснить тогда эффективность сконструированных недавно пептидных вакцин от вирусов ящура, малярийного плазмодия, бактерий *Streptococcus pyogenes*? Кроме того, неизвестны и взаимодействия антител к пептидам с белками и, наоборот, антител к белкам — с пептидами. Видимо, пептидные вакцины в этих случаях повышают активность другого типа клеток иммунной системы — Т-лимфоцитов, реагирующих именно на фрагменты белков. Как показал Джемерсон, кажущееся перекрестное взаимодействие антител, реагирующих и с пептидами, и с белками, может быть обусловлено наличием в препаратах белка денатурированных молекул (развернутых в полипептидную цепь и способных, как и пептид, принимать любую форму).

Авторы считают, что для создания пептидных вакцин, стимулирующих образование защитных антител, надо искать пути направленной стабилизации структуры пептидов, чтобы они могли имитировать форму, принимаемую ими в белке.

Molecular Immunology. 1989. Vol. 26. N 3. P. 301 (Великобритания).

Физиология

«Цветовой процессор» в мозге человека

Уже столетие существует предположение, что в мозге человека есть специальная область, обрабатывающая инфор-

мацию о цвете видимых объектов. Считают, что зрительная информация о движении объектов, их форме и цвете обрабатывается в специализированных отделах мозга. Так, «детектор цвета», видимо, расположен в обоих полушариях вне пределов зрительной области. Аналогичные области обнаружены у обезьян в энцефалографических и анатомических исследованиях.

Недавно позитронная эмиссионная томография (ПЭТ) позволила идентифицировать эти области и в мозге человека. Метод ПЭТ по распределению введенных в кровь изотопов позволяет регистрировать изменения потока крови в малых областях мозга и тем самым исследовать состояние мозговых тканей. Поток крови увеличивается, когда нервные клетки в определенной области мозга активно реагируют на возбуждение. Исследователи из Лондона предложили нескольким добровольцам наблюдать за перемещениями специального цветного геометрического узора (в контрольных экспериментах тот же узор был серым). На ПЭТ-изображениях мозга удалось выявить в каждом полушарии области, активизируемые только при восприятии цветного изображения. Результаты исследования имеют большое значение для нейрофизиологии.

New Scientist. 1989. Vol. 123. N 1679. P. 30 (Великобритания).

Физиология

Ацетилхолин тормозит нервное возбуждение

Известно, что ацетилхолин, передатчик нервного возбуждения, поступая в кровь, понижает кровяное давление, замедляет сердцебиение, усиливает перистальтику и т. д. Существуют два основных типа рецепторов (некотининовые и мускариновые), с которыми ацетилхолин связывается на поверхности клетки-мишени. Воздействие через эти рецепторы вызывает деполяризацию мембраны и активацию клеток.

¹ Подробнее о роли иммунной системы в развитии наркомании см.: Плещинский К. Д., Давыдов А. В. Влияние алкоголя, наркотиков и табакокурения на иммунную систему // Итоги науки и техники. Сер. «Иммунология». М., 1989. Т. 20.

Почти 70 лет считалось, что ацетилхолин выполняет функцию исключительно медиатора возбуждения.

Американские исследователи Л. Вонг и Дж. Галахер (L. Wong, J. Gallagher; Университет штата Техас) впервые показали, что он может быть и тормозным медиатором. С помощью микроэлектродов регистрировали активность нейронов в перигордке мозга крыс и обнаружили их торможение из-за увеличения проницаемости мембраны для ионов калия в результате связывания ацетилхолина с никотиновыми рецепторами на поверхности нейронов.

Nature. 1989. Vol. 341. N 6241. P. 439—442 (Великобритания).

Медицина

Происхождение рассеянного склероза

Рассеянный склероз — тяжелое воспалительное заболевание центральной нервной системы, характеризующееся разрушением миелиновой оболочки, окружающей отростки нервных клеток и выполняющей роль изолятора при передаче сигналов от мозга к различным органам и тканям. В результате нарушается передача нервных импульсов и возникают симптомы болезни — мышечная слабость, дрожание конечностей, ухудшение зрения и др.

Известно, что возникновение заболевания в определенной степени зависит от состояния иммунной системы, в частности функционирования Т-лимфоцитов. Есть данные о врожденной склонности к заболеванию — у однояйцевых близнецов заболевание одного часто сопровождается заболеванием другого. Риск возникновения болезни здесь в 20 раз больше, чем среди обычных людей.

Несмотря на указания на генетическую предрасположенность к этому заболеванию, ген, частичная или полная инактивация которого повышает риск возникновения болезни, открыт совсем недавно. С. Хаузер

с сотрудниками (St. L. Hauser; Массачусеттский главный госпиталь, Бостон) обнаружили, что этот ген играет важную роль в нормальном функционировании Т-лимфоцитов. Исследования группы Хаузера позволили установить, что люди, имеющие дефектные формы идентифицированного гена, рискуют заболеть рассеянным склерозом в 3,3 раза чаще, чем те, у которых этот ген работает нормально. По мнению авторов, ген активируется какими-то внешними факторами. Высказано предположение, что найденный ген кодирует белок-рецептор, позволяющий Т-лимфоцитам распознавать их мишени.

Cell. 1989. Vol. 57. N 7. P. 1095—1100 (США).

Медицина

О диагностике наследственных болезней

Новый метод диагностики тяжелых наследственных заболеваний предложили К. Холдинг и М. Монк (C. Holding, M. Monk; Медицинский исследовательский центр, Лондон). Генетическое исследование проводилось на ранних стадиях эмбриогенеза — после искусственного оплодотворения и перед имплантацией зародыша в матку. В основе метода — техника каскадного копирования отдельных генов с использованием фермента полимеразы. У больных талассемией, врожденным заболеванием крови, ген, кодирующий определенный белок, который составляет часть молекулы β -гемоглобина, является мутантным и либо производит дефектный белок, либо его вообще не производит. Из эмбриона молодой мыши авторы выделяли отдельную клетку. С помощью упомянутой техники ген β -гемоглобина многократно копировался, чтобы получить достаточное для анализа количество вещества. В результате с большой степенью точности удавалось отличить клетки нормального и пораженного болезнью эмбриона.

Метод пригоден для исследования человеческих эмбрионов у супружеских пар, являю-

щихся вероятными носителями генетического заболевания известной природы. После проверки в матку матери имплантируют только нормальный эмбрион.

New Scientist. 1989. Vol. 123. N 1681. P. 34 (Великобритания).

Медицина

В лечении гипертонии — умеренность

До настоящего времени при гипертоническом кризе врачи старались с помощью различных лекарств резко снизить высокое кровяное давление: действовали по принципу — чем ниже, тем лучше.

Исследования М. Альдермана (M. Alderman; Медицинская высшая школа А. Эйнштейна, Бронкс, США) показали, что это не лучший способ лечения. При резком понижении давления сердечные приступы наступают примерно в 4 раза чаще, чем при умеренном лекарственном воздействии, ведущем к небольшому понижению давления. Та же тенденция и в статистике параличей у гипертоников. Как свидетельствуют наблюдения, резкое уменьшение давления может иметь такие же отрицательные последствия, как и долгое отсутствие лечения, когда давление остается высоким.

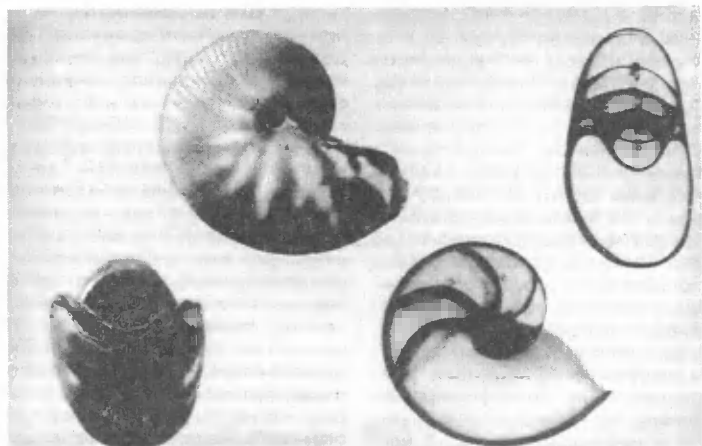
По мнению исследователей, оптимально понижение давления примерно на 10 %.

Science News. 1989. Vol. 136. N 8. P. 116 (США).

Биология

Наутилусы рождаются в неволе

Наутилус — единственный доживший до наших дней представитель подкласса наружнораковинных головоногих моллюсков. Палеонтологи считают, что его биология — ключ к познанию биологии вымерших головоногих. Хотя откладывание яиц



Раковины недавно вылупившихся из яиц наутилусов (внешний вид и рентгенограмма).

наутилусами в неволе А. Уилли наблюдал еще в конце XIX в., а с 1976 г. они стали обычными обитателями десятков публичных аквариумов в разных странах мира и везде откладывают яйца, никому пока не удавалось добиться успешного развития яиц и рождения наутилусов. Яйца неизменно оказывались либо не оплодотворенными, либо не способными к развитию. Полагали, что это связано с особыми требованиями к температуре: взрослые наутилусы живут на глубине более 100 м при температуре не выше 16—18 °С, но, судя по единичным находкам молодых наутилусов, нерест происходит на прогретых мелководьях (в природе яиц наутилусов еще никто не находил)¹.

Впервые добиться развития яиц удалось в 1985 г. Б. Карлсону (аквариум «Вайкики» в Гонолулу, Гавайские о-ва, США)². Наутилусов (*Nautilus belauensis*) с о-вов Палау содержали при температуре 15 °С днем и 24 °С ночью, имитируя их точную вертикальную миграцию. Отложенные ими яйца удаляли и инкубировали при 21 °С. Из более чем 100 яиц оказались жизнеспособными лишь 5,

однако ни у одного развитие не завершилось: самые поздние зародыши были на стадии начала формирования раковины.

Полный успех выпал на долю С. Окубо (аквариум «Сима Маринленд», Япония)³. Двух самцов и самку *N. belauensis* с о-вов Палау содержали с июля 1987 г. при температуре 18 °С. За период с октября 1987 г. по декабрь 1988 г. самка отложила 43 яйца (по одному с промежутками от одного до нескольких десятков дней), прикрепив их к стенкам аквариума или мертвым кораллам. Яйца отделяли и инкубировали при 18 или 25 °С, однако из них развились всего три (при 25 °С). Эти три яйца были отложены в декабре 1987 г. Вылупившись из них в конце декабря 1988 г. — начале января 1989 г., наутилусы, стало быть, развивались целый год! Столь длительный срок инкубации необычен для тропического животного, но дело в том, что яйца наутилусов очень крупные: длина (вместе с толстой кожистой наружной оболочкой) 3—4 см, диаметр 2,5—3 см, сама же яйцеклетка имеет размер 2,5×1,6 см. У некоторых осьминогов, обитателей полярных и умеренно холодных районов, она не меньше, чем у наутилуса (их яйца лишены толстой оболочки), и длительность инкубации тоже около года.

Вылупившиеся наутилусы вполне похожи на взрослых; их диаметр около 3 см (диа-

метр раковины взрослого наутилуса до 20 см). Они активно плавали и прикреплялись щупальцами к стенкам аквариума; уже в день появления на свет хватили креветок, которых им давали из рук; ели также рыбу. Молодь, содержащаяся при 18 °С, подросла, но жила недолго: последний погиб на 73 сут. Самка умерла вскоре после откладки яиц, прожив в аквариуме 19 мес; рекорд содержания наутилусов в аквариуме — более 3 лет.

© К. Н. Несис,
доктор биологических наук
Москва

Биология

Индикатор водоема — поляризация света

Глаза насекомых и других членистоногих чувствительны к поляризации света благодаря упорядоченной ориентации молекул фотопигмента и несущих его субмикроскопических структур в зрительных рецепторах. Уникальную эту особенность установил в 1948 г. К. фон Фриш.

Линейно поляризованные лучи исходят от голубого неба; их источником могут быть блики, отраженные различными гладкими диэлектриками — поверхностью воды, растениями, выкрашенными масляной краской предметами и т. п. Поэтому еще в 1965 г. мною было высказано предположение¹, что насекомые способны зрительно опознавать по поляризации света водоемы, отличать молодые — со свежим восковым налетом листья от старых, узнавать некоторые другие объекты.

Теперь же Р. Швинд экспериментально доказал, что разные виды насекомых, связанные с водоемами, зрительно опознают их по поляризации света². В его лабораторных опытах летающие водные клопы

¹ Carlson B. A. // *Nautilus*. N. Y., 1987. P. 563—578.

² Arnold J. M., Carlson B. A. // *Science*. 1986. Vol. 232. № 4746. P. 73—76.

³ Okubo S. // *Aquabiology* (Tokyo). 1989. Vol. 11. № 3. P. 191.

¹ Мазохин-Поршняков Г. А. *Зрение насекомых*. М., 1965.

² Schwind R. // *Naturwissenschaften*. 1989. Bd. 76. № 8. S. 337—338.

гладыши (*Notonecta glauca*) опустились на пол с особым покрытием, если его освещали линейно поляризованными ультрафиолетовыми лучами с горизонтально направленным вектором напряженности электрического поля. Причем клопы при посадке подбирали такое положение, когда вектор был перпендикулярен срединной сагиттальной плоскости их тела. В дальнейшем, в полевой обстановке, Швинд наблюдал реакцию у различных насекомых на три типа тестовых поверхностей: матовое черное полотно (вариант А); такое же полотно, покрытое оконным стеклом (Б); алюминированная фольга, покрытая стеклянным листом (В). Разные водные насекомые (жуки: плавунцы и водолюбы, клопы: водомерки и гладыши, некоторые двукрылые) в большом числе опускались только на поверхность Б. Именно она отражает поляризованный свет; в варианте А отражения вообще нет, а в варианте В поляризация сильно размыта неполяризованным светом, отраженным от металла.

Следовательно, насекомые опознают водоем не по его темной (под некоторыми углами) поверхности (вариант А), не по зеркальному блеску (В), а именно благодаря поляризации лучей, прежде всего коротковолновых. По той же причине водные жуки и клопы нередко с лета бросаются на гладкий накатанный асфальт, свежешкряпанные крыши, парниковые рамы.

© Г. А. Мазохин-Поршняков,
доктор биологических наук
Москва

Биология

Гидротермальная фауна и мертвые киты

Океанологи из Гавайского и Вашингтонского университетов (США) при спуске в ноябре 1987 г. в подводном аппарате «Алвин» вблизи о. Санта-Каталина у побережья Южной Калифорнии заметили на дне (глуби-

на 1240 м) совершенно целый скелет 20-метрового кита, на костях которого и вокруг виднелись многочисленные моллюски. Обследование, проведенное через год, позволило определить, что это был кит из семейства полосатиков (блювал или финвал). В пробах оказалось множество двусторчатых моллюсков четырех видов: *Vesicomya gigas* и *Calyplogena pacifica* — обитатели гидротермальных излияний на срединных хребтах и холодных высачиваний в тектонически спокойных районах на материковом склоне восточной части Тихого океана; *Lucinoma annulata*, живущая в условиях дефицита кислорода, например у мест сброса сточных вод, и *Idasola washingtonia*, которая обитает и в гидротермах и просто на затопленной древесине и прочих органических остатках. Все четыре вида известны как хозяева симбиотических хемоавтотрофных бактерий, причем первые два живут, видимо, исключительно за счет бактерий, окисляющих сероводород.

Было собрано свыше 50 везикулий и калиптоген (крупные особи имели раковины длиной 10 см); располагались они в основном не на костях, а рядом с поверхностным слоем ила. Люциномы жили и в илу и в выемках на костях. Непосредственно на костях в изобилии (>100 экз/м²) находились идазолы; здесь же найдены брюхоногие моллюски *Mitrella permodesta* (обычно живущие на грунтах с дефицитом кислорода) и пока не идентифицированный вид морских блюдечек из семейства кокулинид (как правило, обитающих на органических остатках).

Оба вида брюхоногих моллюсков в своих тканях симбиотических бактерий не «разводят», а поедают тех, кто живут свободно. Многие крупные кости и соседние участки грунта покрыты слоем нитевидных бактерий (длина нитей до 2—3 см при толщине 0,1 мм), напоминающих *Beggiatoa gigantea*. Толстые маты этих сероводородоокисляющих бактерий типичны для гидротермальных излияний и холодных высачиваний. Следовательно, труп кита сгнил, а не был съеден морскими животными.

Судя по размерам моллюсков, тело кита пролежало на дне от 3 до 17 лет, тем не менее кости еще были наполнены жиром и издавали сильный запах сероводорода. Животные, найденные на китовых костях, принадлежат, таким образом, двум сообществам: одно свойственно тем участкам дна, где выделяется сероводород (неважно, органического или неорганического происхождения); второе обитает на затопленной древесине, костях, клювах кальмаров и использует в пищу либо сами эти органические остатки, либо перерабатывающие их бактерии или грибки. Последнее сообщество известно давно, а вот способность обитателей гидротерм использовать столь эффективный источник сероводорода, как гниющий труп кита, — неожиданное открытие. Но, видимо, это не редкость. У о. Санта-Каталина проходит миграционный путь серых китов от мест рождения в лагунах Калифорнийского п-ова к местам кормежки в Беринговом и Чукотском морях. Естественная их смертность оценивается в 1000 голов в год. Мертвые киты-полосатики тонут. Если предположить, что трупы китов располагаются вдоль миграционного пути равномерно, дна достигает половина (вторую, скажем, разрывают акулы) и тела на дне полностью сгнивают за 5 лет, получится, что в каждый момент времени на дне находится по одному трупу на 300 км², или 9 км от одного до другого. Обычная скорость придонных течений в районе материкового склона 5—10 см/с. Дрейфуя с течением, лецитотрофная (питающаяся запасенным в яйце желтком) личинка глубоководного моллюска может проплыть расстояние в 9 км за 1—2 сут.

Таким образом, трупы китов и других крупных морских животных могут служить своего рода промежуточными станциями для переселения гидротермальных животных от одного излияния к другому, что очень важно, учитывая кратковременность существования активного излияния — всего десятки лет.



Охрана природы

Запрет на производство хлорфторуглерода

12 европейских государств, входящих в Европейское сообщество, и США обязались к 2000 г. ввести запрет на производство и применение разрушающего озоновый слой хлорфторуглерода (ныне эти страны обеспечивают 75 % его мирового производства). Однако Китай, Индия и некоторые другие страны третьего мира заявили, что не присоединятся к этой акции, пока высокоразвитые промышленные государства не обеспечат их доступными заменителями. Советский Союз предусматривает сокращение производства хлорфторуглерода к концу столетия на 50 %.

Видимо, свертывание производства этого химического вещества будет производиться в два этапа. Странам третьего мира администрация Буша согласна оказать финансовую и техническую помощь.

International Wildlife. 1989. July — August. P. 25 (США).

нокранные позвоночные исчезли или сильно сократились в числе (популяции некоторых насчитывают менее 100 особей). Сократилась и численность интродуцированных до бойги видов. Сейчас три из имевшихся четырех видов ящериц-сцинков крайне редки, несмотря на то, что исчезли поедавшие их птицы. Геккон *Lepidodactylus lugubris* существует лишь около жилья человека, а в большинстве естественных мест обитания исчез или встречается весьма редко. Три из четырех других видов гекконов, возможно, исчезли, а четвертый также стал редким.

Теперь на Гуаме немало лесов, где вообще нет других позвоночных, кроме змей и диких млекопитающих. Что же касается бойги, то ее популяции процветают. Местами ее плотность превышает 50 экземпляров на 1 га. Там, где добычи осталось мало, ее численность уменьшается, но если появляется кормовая база, она снова растет.

First World Congress of Herpetology. 11—19 September 1989. Abstracts. Canterbury, England.

ется во взрослую особь; аномальная регенерация конечностей и их частей; аномалии развития скелета; аномалии генетического происхождения (необычная пигментация покрова, отсутствие век и т. д.), и новообразования. Все типы аномалий отмечены у каждого из исследованных видов земноводных и встречаются тем чаще, чем выше степень антропогенного воздействия в местах их обитания. Так, аномалии наблюдались у обыкновенного тритона, обитающего в районах многоэтажной застройки, у 14,6 % особей; в местах одноэтажной застройки — у 10,3 % и в лесопарковой зоне — только у 5 %. Это связано, прежде всего, с химическим загрязнением среды мутагенами. Большую роль играет ограниченность в пространстве и изолированность поселений амфибий, что ухудшает репродукцию и генетический потенциал популяций.

Экология. 1989. № 3. С. 58—66.



Экология

Охрана природы

О вреде интродукции животных

После второй мировой войны на о. Гуам, принадлежащий США, случайно завезли 11 коричневых бойг (*Boiga irregularis*) — древесных змей с не очень сильным ядом¹. Американские зоологи Г. Родда и Т. Фритс (G. H. Rodda, T. N. Fritts, Университет штата Аризона, Тусон) исследовали результаты этой незапланированной интродукции, которая оказалась катастрофой для местной фауны. К настоящему времени многие местные холо-

Экология

Беды городских амфибий

В. Л. Вершинин (Институт экологии растений и животных Уральского отделения АН СССР, Свердловск) изучил морфологические аномалии у амфибий, обитающих в черте Свердловска. Он исследовал 579 сибирских углозубов, 303 обыкновенных тритона, 527 озерных лягушек, около 2 тыс. остромордых и 600 травяных лягушек, т. е. представителей наиболее часто встречающихся в городской черте видов. Все исследования до этого носили чисто описательный характер.

Изучено пять типов морфологических аномалий: отек брюшной полости с летальным исходом в период метаморфоза, когда личинка превраще-

Печальные итоги Аляскинской катастрофы

Всю весну, лето и осень 1989 г. на берегах Аляски и в прибрежных водах велась борьба за спасение природы от последствий аварии американского танкера «Эксон Вальдес». Когда гигантское судно 24 марта наткнулось на рифы в проливе Принс-Уильям, вылилось более 35 тыс. т нефти. Это самое крупное в американской истории загрязнение моря, причем полярных вод — наиболее ранимых в экологическом отношении. Шлейф нефти растянулся по водной глади на 900 км и достиг дальней оконечности п-ова Аляска. В момент наибольшего распространения его площадь превысила 4800 км².

Что это означало для морского зверя и птиц, точно сказать трудно: многие из них погибли в открытом море и остались «пропавшими без вести»; подобрано же было 34 343 тушки морских птиц, 9 994 калана.

¹ Также см.: Как избавиться от «бурого змея» // Природа. 1990. № 2. С. 113.

16 китов, 147 белоголовых орланов (к последним отношение особое: птица изображена на государственном гербе США).

Удалось отмыть и вернуть к жизни 193 калана, 800 морских птиц; 15 белоголовых орланов после чистки и лечения уже отпущены на свободу.

Нефтяная компания не пыталась уйти от ответственности. За пять месяцев более 1700 км морского побережья было очищено ею до сравнительно безопасного состояния. Правда, общество «Нетронутая природа» не удовлетворено: во множестве мест на берегу лежат «асфальтовые» комья, образовавшиеся от скатывания остатков нефти; встречаются там еще и целые ее озера, достигающие метра в глубину.

С наступлением зимы уже мало чем можно помочь — остается лишь изучать экологические последствия катастрофы. Компания «Эксон» заключила контракты со специалистами разных ведомств и университетов, чтобы в течение всего холодного сезона анализировать образцы воды и грунта, следить за восстановлением жизни в море и на берегу. В зависимости от результатов этого обследования будет решено, следует ли возобновлять чистку природной среды весной 1990 г.

New Scientist. 1989. Vol. 123. № 1683. P. 26 (Великобритания).

Экология

Питьевая вода будет чище

В Великобритании содержание нитратов в питьевой воде превышает допустимые нормы. В связи с этим запланировано строительство установок для денитрификации воды, две из которых введены в строй (в Кембридже и Бирмингеме). Подобные установки на основе ионного обмена уже созданы во Франции и ФРГ.

Принцип метода заключается в том, что подземная вода проходит через ионообменные смолы, освобождаясь от нитратов и других отрицательно заряженных ионов, замещаемых ионами хлорида¹. Однако в воде, освобожденной от нитратов, обнаружены химические соединения, не столь вредные, как нитраты, но в высоких концентрациях опасные для живых организмов, в частности рыб. Поэтому при отводе образующихся сточных вод в рыбохозяйственные водоемы необходима их дополнительная очистка от таких веществ. К недостаткам ионообменной очистки относится и повышенная концентрация ионов хлорида в воде, из-за чего водопроводные трубы быстрее корродируют.

Несмотря на недостатки, процессы ионного обмена применяют для очистки не только подземных вод, но и поверхностных. В последнем случае, правда, надежды возлагают и на биологическую очистку, при которой нитраты удаляют с помощью специальных бактерий.

New Scientist. 1989. Vol. 123. № 1678. P. 31 (Великобритания).

Экология

«Черные бури» на Великих равнинах

На Среднем Западе США почвы, иссушенные засухами, подвержены сильнейшей ветровой эрозии. По данным Службы охраны почв, весной 1987 г. в десяти штатах эрозией было охвачено около 12 млн акров (почти 5 млн га) земли, а при продолжительных ветрах верхний слой почвы, наиболее богатый питательными веществами, может быть снесен еще с 19 млн акров.

С 1935 г., когда стали учитывать ущерб от ветровой эрозии на Великих равнинах, 1988 год оказался четвертым по величине потерь. Больше других штатов пострадала Северная Да-

кота, где «черные бури» опустошили 3,5 млн акров фермерских угодий.

National Wildlife. 1989. August — September. P. 29 (США).

Биогеохимия

Микроорганизмы способствуют образованию золота

Проведенные в Научно-исследовательском институте биологии при Иркутском университете и в Институте геохимии им. А. П. Виноградова СО АН СССР (Иркутск) эксперименты показали, что встречающиеся в областях активного вулканизма бактериально-водорослевые сообщества способствуют концентрации золота и его укрупнению.

Для микробиологических и геохимических исследований использовались пробы термальной воды Сивучанского источника и донных отложений Охотского моря. Из проб были выделены и выращены сообщества термофильных организмов. В питательные среды с этими микроорганизмами вводили хлорид золота или коллоидное золото. Оказалось, что бактериально-водорослевый ценоз за 60 сут переводит золото из растворенного и коллоидного состояний в тонкодисперсное, восстанавливая золото из хлорида и способствуя его укрупнению в коллоиде. В обоих случаях процесс сопровождался выпадением золота в осадок, до 40 % частиц в котором имеют размер 5—9 мкм, а некоторые достигают 30—40 мкм.

Доклады АН СССР. 1989. Т. 308. № 1. С. 167—171.

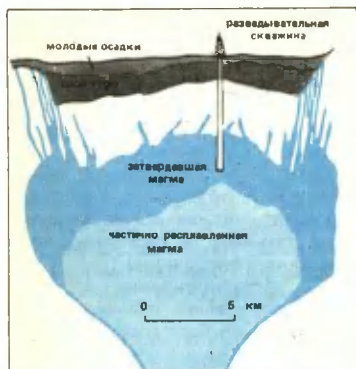
Геофизика

За энергией — в недра

Министерство энергетики США в августе 1989 г. начало разведывательное бурение в пределах кальдеры Лонг-Валли,

¹ Подробнее см.: Нефть губит орланов // Природа. 1990. № 3. С. 112.

¹ См. также: Новый способ очистки воды от нитратов // Природа. 1989. № 8. С. 121.



Вертикальный разрез в районе бурения.

расположенной вблизи известного своим гейзерами Йосемитского национального парка (штат Калифорния), в районе активного вулканизма. Предварительно полученные геофизические данные свидетельствовали, что под самым кратером на глубине 5—7 км, возможно, находится скопление магмы, образовавшееся после очередного извержения около 720 тыс. лет назад. За последнее десятилетие земная кора в центре кальдеры поднялась на 0,5 м; здесь отмечен характерный «рой» землетрясений вулканического происхождения.

Работы, которыми руководит Дж. Данн (J. Dunn; Сандийская национальная лаборатория, Альбукерк, штат Нью-Мексико), рассчитаны на 4 года (ассигнования на пробное бурение составляют 8 млн долл.). Предполагается, что в пределы самого скопления магмы, имеющей температуру около 1200 °С, бур не должен войти: бурение будет прекращено либо на глубине 6 км, либо при температуре в скважине около 500 °С.

Картина геофизической обстановки в районе бурения несколько искажена: к западу от него расположен хребет Сьерра-Невада, и подземные воды, устремляющиеся на восток через кальдеру, уносят с собой тепло магмы. Пористые вулканические породы «глушат» сейсмические волны, которые могли бы дать информацию о подземных структурах. Но эти трудности будут преодолены,

когда скважина пройдет пористые породы и войдет в область, где подземные воды перемещаются намного медленнее.

Бурение позволит точнее определить место и форму скопления магмы, химические характеристики пород, а на основании этого — оценить количество энергии, которую здесь можно получить. Наряду с этим в ходе экспериментального бурения предполагается опробовать оборудование, предназначенное для работы при температурах до 500 °С в агрессивной среде.

Если существование крупной магматической камеры на малой глубине найдется подтверждение, будет разработан следующий этап проекта — бурение сквозь магму. Предполагается, что магма вокруг скважины будет затвердевать и растрескиваться. Закачивая в недра воду, можно будет получать отсюда перегретый пар для тепловой электростанции.

Science News. 1989. Vol. 136. № 7. P. 101 (США).

Климатология

Судьба британских побережий

Национальный совет по исследованию окружающей среды Великобритании опубликовал отчет о результатах анализа проблем, связанных с повышением уровня Мирового океана. Если тенденция к потеплению сохранится, то за ближайшие 100 лет климат южных и западных районов Англии уподобится климату Средиземноморского побережья Франции (курортная область Лазурного берега). При этом, однако, значительная часть британского побережья исчезнет под водой.

На морском дне окажутся как песчаные пляжи Англии, Уэльса и п-ова Корнуэлл, так и распространенные здесь марши (приморские заболоченные

местности, главным образом в речных устьях) — места зимовок более половины перелетных птиц Западной Европы. Наибольший ущерб будет причинен восточной Англии, где и так идет медленное погружение участков земной коры, обусловленное геодинамическими факторами. Кроме того, под водой окажутся обширные площади на северо-востоке Шотландии, а также в районе Глазго, некоторые участки, примыкающие к Ла-Маншу, значительная часть восточных и юго-восточных пригородов Лондона и устья рек Темза и Медуз, и ряд других территорий.

Потепление приведет к еще большему увлажнению Британских о-вов, и без того известных своими туманами и дождями: ожидается, что количество осадков возрастет примерно на 20 % и уровень рек и озер вследствие этого поднимется.

Многие города и поселки Великобритании можно было бы уберечь от затопления, построив дамбы и другие водозащитные сооружения, но их стоимость оценивается приблизительно в 5 млрд ф. ст. Значительных убытков можно ожидать и от



Районы (показаны черным), которые могут до конца XXI в. оказаться под водой из-за подъема уровня Мирового океана.

¹ Climatic Change. Rising Sea Level and the British Coast. Institute of Terrestrial Ecology. NERC. L., 1989.

проникновения соленой морской влаги в подземные водоносные слои, служащие источником питьевой воды.

New Scientist. 1989. Vol. 122, № 1671.
Р. 38 (Великобритания).

Палеонтология

Новый взгляд на древнейших животных

А. Зейлахер из Тюбингенского университета (ФРГ) развивает новый подход к исследованию так называемой эдиакарской фауны¹ — крупных

¹ Seilacher A. // Lethaia. 1989. Vol. 22. № 3. Р. 229—239.

Докембрийские макроскопические организмы в интерпретации А. Зейлахера.

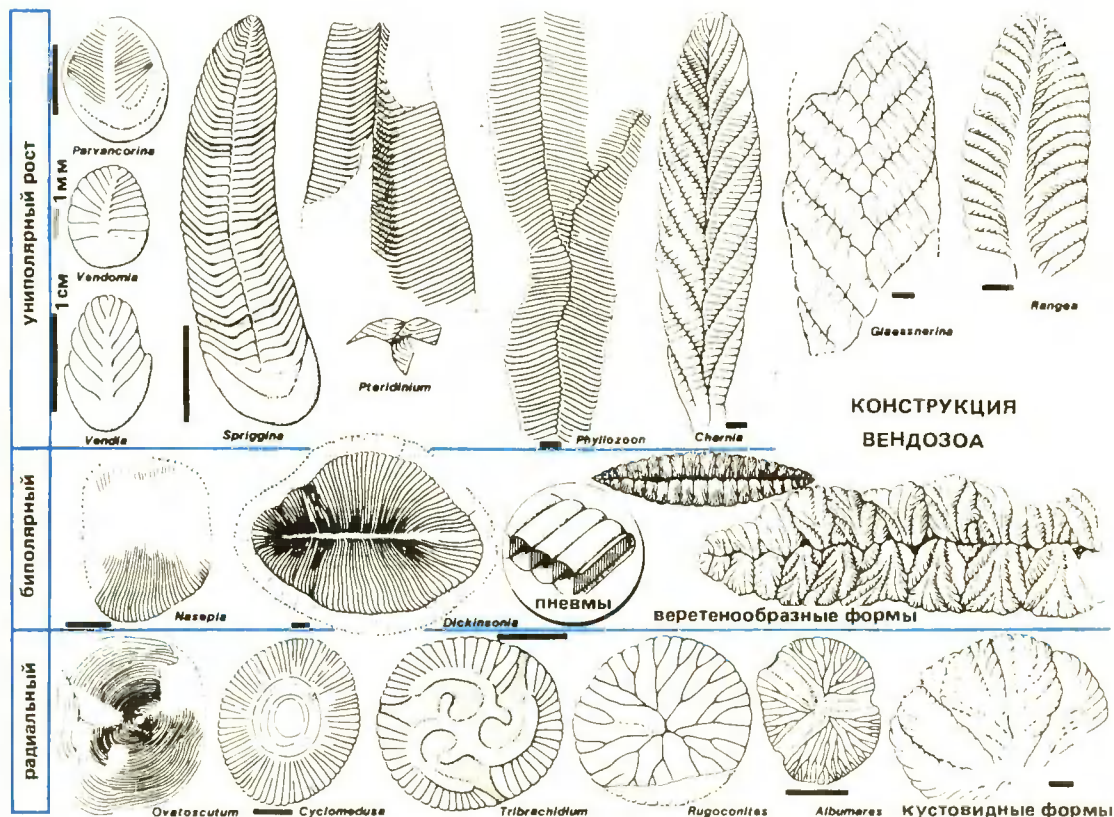
бескелетных организмов, населявших Мировой океан в венде (650—570 млн лет назад).

Эти организмы, впервые описанные в 30-х годах нашего столетия, традиционно интерпретируются как наиболее древние представители существующих ныне типов беспозвоночных. В 70-х годах взгляд на эдиакарскую фауну стал меняться: некоторые формы животных были отнесены к новым типам и классам, вымершим еще в докембрии или палеозое.

Не видя возможности объяснить массовую сохранность мягкотелых животных в венде (при том, что в более поздней палеонтологической летописи бескелетные формы сохранялись крайне редко в связи с локальной спецификой среды), Зейлахер пытается отыскать причину этого в особенностях строения организмов. За редким исключением, он приписывает им морфологию, напоминающую надувной матрац или

стеганое одеяло. Тело их состояло из многочисленных однотипных камер («пневм») с тонкой эластичной оболочкой и прочными пронцаемыми перегородками вдоль этих камер. (Этот принцип строения широко применяется в современной архитектуре и позволяет трансформировать надувные многокамерные объемы в разнообразные жесткие конструкции.)

Докембрийские организмы, получившие название Vendozoa, были, возможно, гигантскими многоядерными одноклеточными формами. Многокамерная конструкция позволяла им расти до весьма крупных размеров (некоторые формы достигали метра и более), сохраняя прочность при плоской форме тела и малый объем при относительно большой внешней поверхности. В отсутствие внутренних органов все обменные процессы этих крупных организмов — ввод питательных веществ, дыхание и выделение —



осуществлялись через поверхность тела.

Предполагается, что вендозы размножались с помощью гамет или спор. Их рост осуществлялся не только путем изометричного расширения, но и аллометрически, т. е. за счет добавления новых камер. В предварительной классификации вендоза автор выделяет три группы по характеру роста: радиальные, биполярные и униполярные.

О существовании в венде настоящих многоклеточных животных (Metazoa), по мнению Зейлахера, говорят лишь ископаемые следы их жизнедеятельности (норки, следы ползания и т. п.), а также слепки внутренних песочных скелетов мягких полипов. Песок в гастральной полости полипов помогал поддерживать форму и служил балластом, способствуя закориванию в рыхлом грунте.

Вендоза, вымершие, видимо, до начала кембрия, представляют собой, таким образом, неудачный эволюционный эксперимент. Они были составной частью протерозойской биосферы, отличавшейся от нынешней по ряду параметров.

© М. А. Федонкин,
доктор биологических наук
Москва

Палеонтология

Находки ископаемых рептилий в Вирджинии

В 1989 г. рабочие каменоломни, расположенной в районе городка Калперер (штат Вирджиния, США), заметили на некоторых блоках добываемого камня необычный «рисунк». Прибывшие палеонтологи во главе с Р. Уимсом (R. Weems; Геологическая служба США в Рестоне) установили, что это следы динозавров, причем, похоже, одних из наиболее древних, населявших эту местность 210 млн лет назад, в конце триаса. Фирма, владеющая каменоломней, временно приостановила этот участок специа-

листам, и вскоре на дне выработки площадью 2,5 га было открыто свыше 1000 окаменелых отпечатков ног древнейших ископаемых ящеров. Столь многочисленных свидетельств их жизни в восточной части Северной Америки еще никогда не находили.

Дело, однако, не только в количестве: палеонтологи считают, что отпечатки ног динозавров во многом бывают красноречивее остатков скелета, ибо следы обычно остаются в том месте, где животное обитало, а кости нередко переносит вода на значительные расстояния; кроме того, по следам можно судить об образе жизни исчезнувшего животного, воссоздать общую картину того времени.

Специалист по палеонтологии позвоночных Н. Хоттон (N. Hotton; Смитсоновский институт в Вашингтоне) установил, что большая часть следов оставлена крупным трехпалым хищным динозавром, передвигавшимся на задних конечностях. Рост его достигал примерно 3 м. Судя по всему, это был один из карнозавров, отдаленно родственных виду «тираннозавр рекс» — крупнейшему среди хищников в истории Земли. Следы в окаменелом болотном иле рассказывают, как этот гигант подкрадывался к добыче, затем внезапно остановился и застыл, а потом, повернувшись на «пятках», бросился преследовать жертву.

Около 10 % отпечатков принадлежат более молодому трехпалому ящеру, видимо, напавшему целурозавра — птицеподобного двуногого с длиной тела 2,4 м.

Еще одно животное, чьи копытообразные следы сохранило время, пока остается совершенно загадочным; науке неизвестно существо, у которого расстояние между правыми и левыми конечностями составляло бы целых 120 см. Но именно таково расстояние между двумя цепочками следов, оставленных этим четвероногим. Сначала Хоттон предположил, что это один из крупных завропод, но длина шага оказалась для него слишком короткой. И тогда он решил, что здесь то ли шествовало, то ли ползло некое пре-

смыкающееся, которое, возможно, напоминает огромного крокодила.

Science News. 1989. Vol. 136. № 2.
P. 21 (США).

Археология

Асфальты Мертвого моря в египетских мумиях

Древние историки Диодор Сицилийский и Страбон упоминают, что асфальты Мертвого моря доставлялись в Египет морским путем и использовались для бальзамирования; до недавнего времени это вызывало споры среди археологов. В самом Древнем Египте естественные выходы асфальтов и нефти на поверхность почти не встречались. Такие места были известны египтянам на востоке Синайского п-ова, хотя ближайшими к ним были асфальты Мертвого моря.

Недавние исследования западногерманского ученого Й. Руйлькёттера (J. Rullkötter) и его израильского коллеги А. Ниссенбаума (A. Nissenbaum) доказали наличие в некоторых египетских мумиях асфальтов Мертвого моря. Используя масс-спектрометрический анализ, они обнаружили тождественность тонкой молекулярной структуры асфальтов Мертвого моря и органических включений темного цвета, взятых из четырех мумий. Три из них — «молодые» (II в. до н. э. — II в. н. э.), а одна — «старая» (IX в. до н. э.). Состав включений «молодых» и «старой» мумий различен. Это можно объяснить тем, что около IX в. до н. э. ввоз асфальтов Мертвого моря в Египет был крайне ограниченным. В этот период Палестинское государство, во владении которого находилось Мертвое море, вело оживленную торговлю с Персией, и лишь во времена Александра Македонского (IV в. до н. э.) Палестина ориентировалась в своей торговле, и в том числе асфальтами, на Египет Птолемея.

Geotimes. 1989. Vol. 34. № 5.
P. 18—19 (США).

В Японии предполагается создать к 1996 г. автоматический орбитальный самолет многоголового использования «Хоуп» со стартовой массой 10 т. Стоимость разработки 300 млрд иен. Он будет доставлять грузы на японский орбитальный модуль, стыкуемый с международной орбитальной станцией. Самолет должен быть в 10 раз меньше транспортного корабля «Спейс шаттл», но он сможет вывести на орбиту полезную нагрузку массой 1,7 т и доставлять на Землю 1,2 т.

Aviation International. 1989. № 991. P. 36.

НАСА намерено разработать наземную радиолокационную систему для слежения за искусственными объектами размером до 1 см на высотах от 300 до 600 км. Максимальный размер различаемых ныне объектов — 10 см. По оценкам специалистов, сегодня их число составляет лишь 2 % от общего числа находящихся на орбите; их общая масса приближается к 3 тыс. т, и они представляют серьезную опасность для космических аппаратов. Начало эксплуатации системы намечено на март 1992 г.

Spaceflight. 1989. Vol. 31, № 9. P. 149 (Великобритания).

С. Чу (Станфордский университет, США) использовал импульсы лазеров для замедления движущихся навстречу атомов натрия. Замедленные атомы направлялись в специальную ловушку, образованную комбинацией магнитных полей и трех лазерных пучков, ориентированных под углом 90° друг к другу. После охлаждения до $5 \cdot 10^{-5}$ К ловушка закрывалась, и под воздействием лазерных импульсов атомы поступали в микроволновый волновод, где происходил переход с одного энергетического уровня атома на другой. Такой «фонтан атомов» позволяет лучше изучать их свойства, поскольку чем больше время наблюдения (в эксперимен-

те — 0,25 с), тем точнее можно определить частоту перехода. «Фонтан атомов» — лишь один из путей создания точных атомных часов.

Science News. 1989. Vol. 136. № 8. P. 117 (США).

Новая технология получения алмазных пленок с высокой теплопроводностью разработана в Калифорнийском университете (Лос-Анджелес, США): графит облучают электронным пучком, образующиеся при этом пары углерода пропускают в газоразрядную камеру; в ее верхней части размещена подложка, на которой и осаждается пленка. В отличие от химического осаждения процесс протекает при более низкой температуре (350°C против $850\text{—}1000^\circ\text{C}$), а пленки можно осаждать на большой площади.

Electronic Design. 1989. Vol. 37. № 27. P. 29 (США).

Сотрудники фирмы «Интернейшнл бизнес мэшинз» (Северо-западный университет, штат Иллинойс, США) установили, что срок службы жестких магнитных дисков возрастает в 5 раз при работе на воздухе с относительной влажностью 50 % по сравнению с их использованием в сухом воздухе, а по сравнению с работой в вакууме — в 50 раз.

Chemical and Engineering News. 1989. Vol. 67. № 32. P. 28 (США).

В Мичиганском университете (США) разработана телекамера, обеспечивающая цветное воспроизведение гамма-лучей на экране и предназначенная для использования в роботах, производящих осмотр ядерных реакторов и захоронений радиоактивных отходов. Чрезмерное излучение изотопов ^{60}Co или ^{59}Fe будет свидетельствовать о коррозии в трубопроводах, а ^{137}Cs — об утечке ядерного горючего. Серийное

производство роботов с гамма-камерами будет налажено в конце 90-х годов, их цена составит 50—100 тыс. долл.

New Scientist. 1989. Vol. 124. № 1685. P. 34 (Великобритания).

Японская фирма «Кеннон» разработала электронный фотоаппарат, снимки которого могут сразу воспроизводиться на экране телевизора. Съемка ведется на магнитный диск площадью 13 см^2 , на который наносится такая же магнитная пленка, как и в кассетах видеомэгнитофона. С помощью кабеля фотоаппарат можно подключать к видеомэгнитофону или телевизору.

Science News. 1989. Vol. 136. № 12. P. 82 (США).

В США создан сплав «Трайболмет», по износостойкости и стойкости к коррозии конкурирующий с никелевыми. Он может заменить легированную молибденом бронзу, используемую для изготовления клапанов автомобильных двигателей.

Metalworking News. 1989. Vol. 16. № 755. P. 21 (США).

Как установили специалисты Пенсильванского университета (США), телероботы обучаются исполнению всевозможных операций проще, если их манипуляторам задать положения относительно реальных предметов, а не просто проэктировать их в пространственной системе координат.

Technology Review. 1989. Vol. 92. № 7. P. 38 (США).

Для извлечения из морской воды ванадия, скандия, хрома, магния, кобальта, алюминия, иридия и церия шведская фирма «Си пауэр» в Гетеборге создала установку, работающую на энергии морских волн: резервуары на заякоренных пон-

тонах под давлением воды приводят в движение турбины, связанные с электрогенератором; вращаемые турбинами насосы прокачивают воду сквозь войлок; накопившиеся в нем ионы металлов извлекаются электролизом.

New Scientist. 1989. Vol. 124. № 1689. P. 39 (Великобритания).

Как установили в Токусимском университете (Япония), когда ферроэлектрическое соединение KN_2PO_4 подвергается воздействию все возрастающего давления, длина его водородной связи сначала уменьшается (как и следовало ожидать), а при давлении 2,7 ГПа внезапно начинает увеличиваться и удлиняется с дальнейшим повышением давления. Резкое и заметное удлинение водородной связи обнаружено и у KD_2PO_4 при давлении 4,2 ГПа.

Chemical and Engineering News. 1989. Vol. 67. № 33. P. 24 (США).

Впервые получено прямое детальное изображение двойной спирали ДНК исследователями из Калифорнии. Они использовали для этого растровый туннельный электронный микроскоп, что позволило преодолеть трудности прежних методов (связанные с контрастированием или оттенением солями тяжелых металлов образца, например биологической макромолекулы). В результате значительно улучшено качество изображения.

В перспективе эта методика может стать эффективным инструментом геномной инженерии.

Science. 1989. Vol. 243. P. 370 (США).

Травматическое поражение мозга вызывает вторичные нейрохимические изменения, ведущие к разрушению нервной ткани. К ним относятся снижение уровня биоэнергетических процессов и концентрации свободного магния в нейронах.

На крысах показано, что от наиболее тяжелых последствий травм защищает блокада мозговых возбуждающих рецепторов, чувствительных к N-метиласпартату.

Science. 1989. Vol. 244. № 4906. P. 798—800 (США).

Новая модификация метода магнитного резонанса позволяет с высоким разрешением изучать цитоархитектуру различных отделов мозга человека. Установлено, что при тяжелых нарушениях памяти обнаруживаются отклонения от нормального строения гиппокампа.

Nature. 1989. Vol. 341. № 6237. P. 54—57 (Великобритания).

Известна связь сердечно-сосудистых заболеваний с концентрацией холестерина в организме: для лечения подобных заболеваний у женщин постклимактерического возраста предложено использовать женские половые гормоны — эстрогены (по природе стероиды). Они повышают содержание липопротеидов, что, в свою очередь, благотворно влияет на транспорт холестерина.

Medical Tribune. 1989. Vol. 30. № 14. P. 11 (США).

Представление о том, как формируется влечение к табаку у крыс поможет отбросить средства для фармакотерапии пристрастия к никотину. Оказалось, что для 26,5 % популяции лабораторных белых крыс характерно влечение к табаку.

Вопросы наркологии. 1989. № 3. С. 11—14.

Массовая гибель окуня в реках юго-востока Австралии вызвана вирусом, поражающим клетки почек и селезенки. Впервые вирус был выявлен в 1986 г. Специалисты опасаются, что он

проникнет в Европу и Америку с экспортируемой из Австралии рыбой и икрой.

New Scientist. 1989. Vol. 123. № 1668. P. 24 (Великобритания).

В тирах содержание свинца в 40 раз превышает безопасный уровень — 50 мкг/см³ (загрязняющие воздух частицы свинца выделяются в момент выстрела). Из 17 участников спортивных стрельб, три месяца тренировавшихся в закрытом помещении, у 15 уровень свинца в крови оказался повышенным; при этом отмечались металлический вкус во рту, подергивание рук — одно из характерных нейрологических нарушений при отравлении свинцом.

Science News. 1989. Vol. 136. № 8. P. 126 (США).

При бурении разведочных скважин в Южной Каролине (США) на глубине 225 м обнаружено огромное количество разнообразных микроорганизмов, часть из которых может вырабатывать антибиотики и снижать токсичность ряда соединений. Микробиолог К. Флирманс (С. Fliermans) предсказывает, что на глубинах до 600 м могут быть найдены еще тысячи разнообразных микроорганизмов.

National Wildlife. 1989. August—September. P. 29 (США).

В государственную программу США по охране природы включен пункт о полном прекращении к 1992 г. сброса в воду пластиковых упаковок с кораблей ВМФ. Если сегодня их выбрасывают, как только корабль отойдет от берега на 25 миль, то в будущем станут хранить до прибытия в порт, где обрабатывают или захороняют на берегу.

National Wildlife. 1989. August—September. P. 25 (США).

Возможен ли синтез науки и веры?

Ю. А. Шрейдер,
доктор философских наук
Москва

КНИГА известного польского философа-научоведа Ю. Жичиньского, будь она переведена на русский язык, вызвала бы немало споров. Я не ставлю перед собой задачу дать ее критический анализ. Гораздо важнее, на мой взгляд, познакомить читателей с ее содержанием, которое показывает, что отношение между естествознанием и религией — намного сложнее, чем нас пытались убедить. Между этими феноменами культуры существует не только противостояние, но и взаимодействие, которое реализуется в сфере мировоззрения.

Авторитет естественных наук расширил мировоззренческое влияние естествознания за пределы его предметной области и привел к определенной конфронтации с мировоззренческими представлениями, опирающимися на религиозную традицию.

Натуралистическое представление о мире в целом (включая человеческое общество и саму науку) не оставляет никакого зазора для человеческого поступка, основанного на свободном выборе, опирающемся на принимаемую систему ценностей. В этом случае и путь, по которому развивается сама наука, следует рассматривать как естественноисторический процесс, обусловленный объективными причинами, судьбы отдельных ученых и великих людей — как частные эпизоды, иллюстрирующие «торжествующую поступь» научного прогресса. Очень часто (особенно в советской литературе) это натуралистическое мировоззрение выдается за научное, т. е. вытекающее из достижений науки. В действительности речь идет не более чем о переносе представлений о Природе, используемых в науке Нового времени, на мир в целом.

Рецензируемая книга интересна как раз тем, что ее



Józef Zyciński. W. KRĘGU NAUKI I WIARY. Kraków: Kalwaria, 1989. 226 s.

Юзеф Жичиньский. В ОКРУЖЕНИИ НАУКИ И ВЕРЫ. Краков: Калвария. 1989. 226 с.

автор отнюдь не исходит из натуралистического представления о науке. Это дает ему возможность рассматривать историю науки как скрещение судеб исследователей, мировоззрение которых, сформулированное в окружении науки и веры, имело разные источники. Более того, автор подчеркивает, что в истории человеческой мысли сменялись различные представления об отношении между наукой и миром человеческих ценностей. Читатель почерпнет не только более глубокое и обширное знание о том, как складывались и становились достоянием современной культуры мировоззренческие аспекты науки, но и образец яркого личностного восприятия ее истории.

Чтобы в дальнейшем не возвращаться к оценочным суждениям, скажу сразу, что это восприятие основано на огром-

ной эрудиции автора в истории науки, философии, теологии и его глубоко личном отношении к судьбам науки и человечества.

Стремление к такому видению действительности, в котором сплетаются в единое гармоничное целое элементы красоты и страдания, критической рефлексии и молитвенного созерцания, мечты и нравственного императива, поэзии и науки, автор считает одной из основных интеллектуальных потребностей человека. Целостная картина действительности, складывающаяся из ответов и вопросов, касающихся смысла жизни, иерархии ценностей, возникновения мира и законов его развития, — это и есть мировоззрение.

Утрата целостности мировоззрения, редукция картины мира за счет исключения из нее каких-то важных аспектов приводит к бессмыслице. Проблема состоит в том, возможно ли целостное представление о действительности, основанное исключительно на данных научного исследования?

Прилагательное «научный» часто служит для того, чтобы предлагаемое мировоззрение выглядело надежно обоснованным, что особенно важно в ситуации, когда само это мировоззрение — опора некоторой идеологии, т. е. призвано указывать, как должно думать о мире. В этом случае любая попытка самостоятельной мысли может быть объявлена ненаучной. Таким образом идеологическая недозвлеченность (скажем, критики дарвинизма или закона обнищания пролетариата при капитализме) маскируется под недозволенность интеллектуальную. Разумеется, сама наука не несет ответственности за то, что ее ставят на службу идеологии. Автор уподобляет науку географической карте, ко-

торая «дает ценные указания при выборе маршрута предстоящего путешествия, но не способна дать указания о его цели».

Процесс Галилея многократно служил образцовым примером конфликта научного мировоззрения с религиозным. Сама возможность такого конфликта содержит как презумпцию утверждение о том, что научное (т. е. целиком обоснованное наукой) мировоззрение реально существует, а презумпция всегда выглядит более безапелляционной, чем явное высказывание.

Автор обращает внимание на то, что до открытия Ф. В. Бесселем в 1838 г. звездного параллакса (видимого изменения положения звезд, связанного с перемещением наблюдателя и обусловленного движением Земли по орбите) не существовало опытных доказательств преимуществ системы Галилея ни над моделью Тихо Браге, ни над моделью Птолемея. Отнюдь не только представители инквизиции, но и представители науки и культуры в эпоху Галилея были уверены, что признание человека венцом творения неотделимо от веры в то, что Земля есть центр Вселенной. Сам Галилей утверждал ровно то же, что писал за двенадцать веков до него Блаженный Августин, а именно, что священное писание учит, как попасть на небо, а не тому, как небо обращается вокруг Земли. По мнению автора книги, только низкий уровень теологии XVII в. (по сравнению со средневековой) привел к признанию воззрений Галилея абсурдными. Теологам следовало бы оставить вопрос открытым, что улучшило бы интеллектуальную атмосферу.

В XIX в. Д. Брюстер начал распространять версию, что к Галилею применялись пытки. Но дело не в том, что их не было, а приговор сводился к домашнему аресту во дворце друга Галилея — архиепископа Сиены и еженедельного чтения семи покаянных псалмов, которые за Галилея читала его дочь — монахиня-кармелитка. Дело в том, что аргументы Галилея и не могли быть тогда приняты за убедительное доказательство гелиоцентрической системы.

Автор и на других примерах показывает, как произвольно интерпретировалась история науки. Так, в издании ньютоновских «Математических начал натуральной философии» 1687. явно излагались гипотезы, и лишь в 1713 г. Ньютон горделиво заявил: «Гипотез не измышляю». Это была реакция на упреки оппонентов (в том числе Х. Гюйгенса и Г. В. Лейбница) в неясных формулировках. Вместе с тем этот отказ от гипотез был первым, еще не очень ясным приближением к принципам методологического позитивизма, требующим при анализе природных явлений не опираться на метафизические представления. Сам Ньютон, как это следует из его признаний, неустанно размышлял о вопросах, связанных с верой в Бога, и выражал надежду на то, что его трактат послужит укреплению этой веры. Но он не считал возможным использовать религиозные аргументы в рассуждениях о природе.

Линию методологического позитивизма продолжил П. Лаплас, заявивший о ненужности гипотезы бытия Божьего для построения «Небесной механики». Это мнение отрицал не менее великий математик и механик Ж. Лагранж. Однако методологический позитивизм все более стал проникать в самые основы научного метода, превращаясь в позитивизм догматический.

Апофеозом догматического позитивизма стала философия О. Конта, считавшего развитие естественных наук полностью исключающим надобность в философской или богословской рефлексии и придумавшего «позитивную религию». Научная революция XX в. порвала с позитивизмом и стимулировала углубление интереса к онтологическим и эпистемологическим проблемам. В связи с этим очень интересны религиозные размышления Н. Бора, в том числе о полезности категорий современной физики для лучшего выражения богословских утверждений.

Ярким примером сочетания методологического позитивизма с религиозными убеждениями является П. Дюгем — классик методологии науки, про-

званный даже «католическим позитивистом».

Критическая рефлексия тесно связана с переживанием сомнений и вызванного ими беспокойства. Ее антиподом служит глубокое удовлетворение от добытого знания. Такое удовлетворение чувствовал Л. Витгенштейн, написавший свой знаменитый «Логико-философский трактат», в котором он полностью разочаровался через несколько лет. Разочарование в казалось бы прочно и окончательно установленным истинам — характерная драма честной человеческой мысли.

Автор противопоставляет сократовское «знаю, что ничего не знаю» скептическому неверию ни во что. Практическая ценность сомнения в том, что оно предохраняет от принятия последних интеллектуальных достижений в качестве абсолютных догматов, позволяющих успокоиться и прекратить мыслительные усилия. Весь процесс развития науки по сути состоит в преодолении границ, диктуемых здравым смыслом и практическим опытом. Таким выходом за пределы, казалось бы, доступно разуму была теория множеств Г. Кантора, допускающая операции с актуальной бесконечностью. Аналогичный выход за пределы постижимого разумом — современные космологические модели.

И все же познавательные амбиции человека состоят в поисках безусловного знания — будь то научные утверждения или доказательства существования Бога. Автор подвергает сомнению саму возможность такого безусловного знания.

Принятие того или иного мировоззрения зависит не столько от его рациональной или эмпирической обоснованности, сколько от личных обстоятельств, юношеских планов, случайного влияния друзей или учителей. Иначе говоря, экзистенциальные моменты оказываются определяющими в выборе и создании собственного мировоззрения.

Шестнадцатилетний К. Маркс написал выпускное сочинение на тему «Объединение верных в Христе согласно Евангелию от Иоанна». Еще несколько лет юноша Маркс остается убежденным в пре-

восходстве учения Христа над эпикурейством. Но в докторской диссертации он совершенно противоположным образом оценивает это противопоставление. Решающее влияние на Маркса оказала атмосфера в кругу университетских друзей, в котором царил оптимистическая вера в исторический прогресс.

Соединение личного романтического настроения и гегельянского представления о смысле истории как саморазвитии духа привели Маркса к образу философа-Прометея, похищающего небесный огонь, чтобы создать новое человечество. Задачей философа становится не объяснение, но переделка мира. Среда, в которой вращался молодой Маркс, считала безусловно бессмысленной потерей времени углубление в тонкости философии, когда реальной проблемой был поиск способа применить философию в великом деле преобразования общества. Благоговение такого преобразования — это не научный вывод исследователя, но плод юношеских мечтаний.

Интересны наблюдения автора книги над тем, как юношеская религиозность Ф. Энгельса и В. И. Ленина сменялась увлечением в первом случае идеями Штрауса о том, что догмат о Св. Троице не согласуется с арифметикой (для Г. Кантора этот догмат был одним из импульсов к созданию теории множеств, лежащей в основе современной математики), а во втором — книгой Н. Чернышевского «Что делать?». В дальнейшем Энгельс попробовал создать философию, опирающуюся на достижения науки, собранные им из неприхотливой популярной литературы. Но позднейшие марксисты типа Дж. Новака пытаются использовать «Диалектику природы» как высший авторитет для инструктирования науки.

В науке (как и в жизни) критическая рефлексия и мифы дополняют друг друга, несмотря на декларации полного освобождения науки от метафизики и предрассудков. Позитивисты О. Конт и Г. Спенсер безапелляционно утверждали тезис о низшем уровне развития женщин. Однако миф — это не только фикция, но и поиск

тайного смысла бытия. Современный мир создает свою мифологию из идеологических лозунгов, вождей, государств или политических партий. Современные идеологические мифы порой куда страшнее магически-ритуальных практик диких племен. Мифом оказалась сама программа освобождения человечества от мифов. Их можно только пытаться гармонизировать с элементами науки и философии. Такая гармония, как доказывает автор, достигается в текстических религиях. В связи с этим он обращает внимание на общие черты христианства, буддизма и индуизма, хотя отнюдь не утверждает их равносильности и не пытается искать пути синтеза.

В науке мифы возникают в результате постановки упрощенных альтернатив вместо поисков синтеза противоположных подходов и уточнения понятий. Характерным примером оказались споры об эволюции. Один из первых критиков теории происхождения видов, Ж. Л. Агасси, упрекал Ч. Дарвина в отсутствии ясного определения вида. В ситуации, когда теоретики эволюционного учения пользовались неточными понятиями, это учение стало рассматриваться Ницше, Спенсером, Марксом и П. А. Кропоткиным как аргумент в пользу идеологических построений. Хотя с эволюционной концепцией традиционно связываются антирелигиозные мировоззрения, ее основатели отнюдь не были атеистами. А. Р. Уоллес писал: «Речь идет только о способе действий творца. Полагаю, что мир был сотворен как саморегулирующаяся система...»

В конце XIX в. эволюционизм сыграл значительную роль в попытках создать мировоззрение, опирающееся на науку. Сегодня социобиолог-материалист Э. О. Уилсон утверждает, что мифологический элемент неотъемлемо присутствует в любой научной теории или философской системе. Эволюционизм выступает в социобиологии как своеобразная натуралистическая религия гуманистов без откровения, где «материалистический логизм перемешан с гуманным спиритуализмом». Главным предметом

такой веры служит тезис о возможности неограниченного совершенствования сущего. Но появление сложной психики в природном мире не объяснимо чисто адаптивными потребностями. Более того, оно приводит к опасности саморазрушения мира.

Требование методологического позитивизма состоит в том, чтобы объяснить природные явления исключительно в терминах законов, механизмов и явлений, допускающих естественнонаучное исследование. Даже убежденный теист не будет удовлетворен, если на вопрос: «Откуда в этой вазе взялись цветы?» получит ответ: «Их сотворил Бог». Однако из существования такого требования никак не вытекает, что все можно познать с помощью методов физики или биологии. Это значило бы произвольно придать хорошо зарекомендовавшему себя в науке методологическому принципу метафизический статус. Именно эту ошибку делали Э. Геккель и другие, считавшие, скажем, что наука не оставляет места для Бога, ибо Дарвин указал способ происхождения человека. По существу такого же мнения придерживались и различные запретиители дарвинизма, одному из которых А. К. Толстой посвятил такие стихи: «Способ, как творил Создатель, что считал Он боже истины, зная не может предсказать Комитет о печати». В естественнонаучных теориях эволюции до сих пор нет удовлетворительного объяснения того, как возникает усложнение организации живых существ, вплоть до появления разума. Ссылка на случай — это уход от ответа, а во всех попытках найти объясняющий механизм природы так или иначе приписываются некоторые черты, которые традиционно приписывались Богу.

Автор характеризует философскую концепцию мира А. Н. Уайтхеда, христианский теизм которого органично связывается с эволюционизмом. Исходным пунктом этой концепции служит идея о том, что природный мир не полностью хаотичен, но обладает устойчивыми структурами. Последовательный эволюционизм требует не только объяснения

сущего, но и прогнозов будущего развития. Речь идет об эволюции в направлении смысла, хотя происходящая порча природной среды и расширение идеологии ненависти мешают верить в непереносимость оптимистического варианта будущего.

Для современной науки характерно появление неогностических представлений, центрами которых оказались Принстон и Пасадина в США. Неогностицизм возник как реакция на позитивизм, связанная с утверждением примата духовно-рационального элемента над материальным. Неогностицизм представляется психологически понятным следствием перемен, происшедших в физике под влиянием открытий А. Эйнштейна и М. Планка, и краха надежд на создание единой науки, противостоящей метафизике.

Авторы подчеркивают, что Бог неогностиков не имеет ничего общего с Богом монотеистических религий — это скорее имманентная основа космического порядка, гарантирующая то, что природа разговаривает с нами на языке математики. Неогностицизм имеет хорошие шансы превратиться в сочетание фантастической физики с дурной метафизикой. Характерны также суеверия, связанные с попытками объяснить природу человеческого мышления через достижения в области искусственного интеллекта.

Интересна даваемая в книге характеристика прометеевского комплекса, опирающегося на культ науки, прогресса или свободы. Книга заканчивается словами, что христианская вера основана на убеждении в том, что мир в конечном счете имеет смысл. Это убеждение позволяет рационально интерпретировать даже такие явления, при анализе которых чисто натуралистический подход заводит в тупик.

Размышления Ю. Жичинского должны быть интересны ученому — естествоиспытателю, который всегда исходит из каких-то познавательных установок, сформированных в его культурной среде. Но эти установки редко становятся предметом его критической рефлексии.

НОВЫЕ КНИГИ

— Биология

В. Степаненко. ХЛЕБ. М.: ВО Агропромиздат, 1989. 399 с. Ц. 4 р. 40 к.

Компетентный рассказ об истории хлебопашества перемежается историко-литературными реминисценциями. Автор делает экскурсы в фундаментальные биологические проблемы, излагает суть системы К. Линнея, концепции генетики, гипотезы происхождения цветковых, описывает центры происхождения культурных растений по Н. И. Вавилову и поразительное разнообразие пшениц. Читатель найдет в книге легенды древних шумеров, рассказ об ученике Линнея «русском шведе» Богуславе Горниберге, который защищал диссертацию в Российской Академии на тему о невозможности перерождения пшеницы в плевел или другие злаки, опровергая древние мифы, дожившие до времен «незабвенного» Трофима Лысенко.

Хлебопашество и хлебопечение шли рядом: древние египтяне, которые не знали дрожжей (они появились лишь в XVII в.), уже различали пресный и кислый хлеб, а древние греки пекли хлеб в глиняных горшках. Для автора хлебопашество — «эпизод», который завершил очеловечивание наших

предков. Он показывает роль земледелия в обеспечении человека пищей и затем проследит «хлебную линию» через всю историю человечества, и в особенности России — хлеб и «золотой» век Екатерины, хлеб и послереформенная Россия, хлеб и революция, хлеб и ГОЭЛРО, хлеб и Отечественная война...

Отдавая дань достаточно высокому уровню «биологического аспекта» книги (хотя, прямо скажем, после работ С. В. Мейена превозносить взгляды М. И. Голенкина относительно происхождения цветковых не вполне удобно), читатель не может воспринять общего мажорно-оптимистического тона повествования об успехах колхозно-совхозного хлебопашества. Не упоминаются и просчеты освоения целины, которые вылились в потерю немалой доли того гигантского массива, который был вовлечен в пашню. Нет в книге и раздумий о том, что наше хлебопашество зашло в тупик, и вместо воспевания успехов мелиорации хотелось бы просечь трезвые оценки ошибок, которые привели к развитию эрозии и потере почвами плодородия, загрязнили среду, снизили качество хлеба.

Чрезмерно много внимания уделено «крепостническим

взглядам А. Т. Болотова и слишком мало фундаментальнейшим трудам этого первого агроэколога, опередившего своими взглядами «просвещенную Европу». Увы, эта часть книги обращена в прошлое, и остается лишь удивляться тому, как этого не поняло издательство «Агропромиздат».

© Б. М. Миркин,
доктор биологических наук

Биология

ОНТОГЕНЕЗ, ЭВОЛЮЦИЯ, БИОСФЕРА. Сборник научных трудов / Отв. ред. А. В. Яблоков. М.: Наука, 1989. 294 с. Ц. 4 р. 40 к.

На титульном листе книги вынесены три очень широких понятия. Все они связаны с реализацией идей и концепций Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского (1900—1981), которые не только не утратили актуальности, но с течением времени приобрели новую глубину и сыграли огромную роль в осознании острейших проблем современного естествознания. Он стоял у истоков формирования нескольких биологических дисциплин: молекулярной генетики (и молекулярной биологии вообще), радиационной генетики, радиационной биогеоэкологии (и

радиобиологии вообще), учений о микроэволюции и уровнях организации живой природы. Развитию этих дисциплин и посвящены статьи, публикуемые после краткого очерка о научных достижениях Н. В. Тимофеева-Ресовского. Они рассказывают, в частности, о проблемах биологической термодинамики и биоэнергетики, фенотипики, мутагенеза и мейоза. Впервые на русском языке публикуется классическая работа Тимофеева-Ресовского по мутагенезу.

Книга предназначена для исследователей, интересующихся проблемами общей и теоретической биологии, зоологов, генетиков и биофизиков.

Охрана природы

В. И. Артамонов. РЕДКИЕ И ИСЧЕЗАЮЩИЕ РАСТЕНИЯ (По страницам Красной книги СССР): Кн. 1. М.: Агропромиздат, 1989. 383 с. Ц. 2 р. 10 к.

Описание охраняемых видов предшествует достаточно пространное «Предисловие», в котором сообщается о той роли, которую играют растения в жизни человека, и о том плачевном состоянии, в которое попали многие из них по вине «властелина природы». Характеризуются основные способы сохранения генофонда — в составе естественных сообществ, в ботанических садах и дендрариях, в хранилищах семян и тканей.

Основную часть книги занимает характеристика охраняемых растений, первый том включил 120 видов из 40 семейств. Перед характеристикой видов, статьи о которых названы, например, так: «Виноград из Приморья» (актинидия Джиральди), «Сестра женьшень» (аралия Шмидта), «Цветок кентавра» (вазильки), «Серебряные рубины» (лунник оживающий) и т. д., дается общее описание семейства. Читатель узнает о его географии, видовом разнообразии и значимости для человека.

Описание каждого вида содержит данные по географии, состоянию вида в природе, опыту его воспроизведения в культуре (с указанием ботанических садов, где этот вид прижился) и часто рекомендации по повышению надежности системы охрана.

Если редкий вид имеет ресурсное значение, в книге говорится об этом, хотя, конечно, тем самым повышается риск уничтожения его браконьерами. Однако автор верит, что это описание вызовет обратный эффект и убедит читателя в том, что такие сокровища нужно непременно сохранить. Ведь уничтожив вид, мы навсегда потеряем счастливую возможность пользоваться его целительной силой или уникальными вкусовыми особенностями.

Автор охотно приводит в тексте древние легенды. Эта книга — хороший подарок любителям растений. Их число увеличится и за счет тех, кто ее прочтет.

История науки

ВОСПОМИНАНИЯ О В. А. ЭНГЕЛЬГАРДТЕ / Отв. ред. А. А. Бав. М.: Наука, сер. «Ученые СССР. Очерки, воспоминания, материалы», 1989. 336 с. Ц. 2 р. 40 к.

Книга посвящена жизни академика Владимира Александровича Энгельгардта (1894—1984), выдающегося биолога, который заложил основы функциональной и динамической биохимии и был одним из основоположников ответственной молекулярной биологии, организатором Института молекулярной биологии АН СССР, проекта «Ревертаза». Энгельгардт раньше и глубже других понял значение молекулярно-биологических исследований, стал энтузиастом и популяризатором этого направления в то время, когда была сильна лысенковщина и борьба с ней была опасна.

Своими воспоминаниями и впечатлениями об Энгельгардте делятся академики А. А. Бав, Г. П. Георгиев, А. Д. Мирзабеков, Ю. А. Овчинников, А. А. Красновский, члены-корреспонденты АН СССР Г. И. Абеlev, А. А. Богданов, М. В. Волкенштейн, иностранные ученые, близкие, ученики и сотрудники В. А. Энгельгардта. Их очерки дают представление о человеке необычайного благородства и обаяния, широких интересов, простом и демократичном. Прекрасный педагог, он умел передавать людям качества, которые были свойственны ему самому.

Книга рассказывает об открытиях, сделанных ученым, и о развитии основанных им направлений, его научно-организационной деятельности. Сборник иллюстрирован. В конце его приведены даты жизни и деятельности Энгельгардта, краткие сведения об авторах очерков.

История науки

П. Г. Крутиков, Н. А. Прицев. ЭРМИТАЖ. Науки служат музею / Отв. ред. Б. Б. Пиотровский. Л.: Наука, сер. «История науки и техники». 1989. 173 с. Ц. 45 к.

Появился еще один труд, существенно дополняющий неограничиваемую литературу об одном из величайших музеев мира. В книге прослеживается становление и развитие технического оснащения эрмитажного комплекса. Описаны восстановительные работы в Зимнем дворце после пожара 1837 г., когда были использованы металлические несущие конструкции, что потребовало неординарных для того времени инженерных решений.

Царская администрация была инициатором внедрения таких нововведений, как устройство оптического телеграфа, соединившего в 1839 г. Зимний дворец с Варшавой, переход со свечного и газового освещения на электрическое, пневматическое отопление по системе И. А. Амосова, замененное затем на центральное водяное. Авторы воздают должное плодотворной деятельности талантливого инженера-технолога В. Л. Пашкова, на плечи которого легло бремя проектирования и монтажа первых энергоустановок Эрмитажа.

Немало места уделено послеблокадному воскрешению и переоборудованию инженерных служб Эрмитажа. Внимание читателей привлекут и те страницы, где повествуется о проводимой ныне их модернизации, о планах реконструкции эрмитажных зданий с учетом новейших достижений «музейной техники».

В книге использованы документы и иллюстрации из эрмитажного архива, а также малоизвестные литературные источники.

Первое астрономическое общество России

А. В. Артемьев,
кандидат

физико-математических наук

С. М. Пономарев
Горький

Н. В. Малютин
Москва

ПЕРВЫМ в мире объединением профессионалов и любителей астрономии стало Французское астрономическое общество, основанное К. Фламарионом в 1887 г. В России аналогичное общество возникло год спустя в Нижнем Новгороде. Называлось оно Нижегородский кружок любителей физики и астрономии.

Нижний Новгород был в то время не только крупным промышленным, торговым, но и культурным центром Поволжья. Здесь отбывали ссылку высланные из разных городов России видные общественные и политические деятели (эта традиция, как мы знаем, имела продолжение и в наше время). Здесь жили и работали, объединяя вокруг себя местную интеллигенцию, такие известные писатели, как В. Г. Короленко и Н. Ф. Анненский. Все это создало в Нижнем Новгороде ту культурную среду, на которой вырос талант А. М. Горького.

Сложившаяся в Нижнем Новгороде прослойка прогрессивной интеллигенции была в соответствии с духом эпохи увлечена пропагандой естественнонаучных знаний среди населения. Этому способствовали уже имевшиеся в то время в городе Общество распространения народного образования, естественноисторический и сельскохозяйственный музей, Нижегородская ученая архивная комиссия. Один из будущих основателей Кружка, выдающийся русский механик-судоводитель В. И. Калашников

начал издавать журнал «Нижегородский вестник пароходства и промышленности» — первое в России издание такого рода. В Нижегородской газете «Губернские ведомости» преподаватели мужской гимназии систематически публиковали популярные заметки о различных астрономических явлениях.

Одним из первых популяризаторов астрономических знаний в Нижнем Новгороде был талантливый педагог Илья Николаевич Ульянов — отец Ленина. Илья Николаевич успешно защитил в Казанском университете диссертацию на тему «Способ Ольберса и его применение к определению орбиты кометы Клинкерфуса». А спустя несколько лет, после работы в Пензенской геофизической обсерватории, получил назначение на должность инспектора Нижегородской губернской мужской гимназии. Здесь он сразу же принялся за популяризацию астрономии: приобретал приборы, литературу, составлял программы по космографии (так тогда называли астрономию), физике и математике, проводил занятия по этим предметам. В 1864 г. И. Н. Ульянов создал первый в Нижнем Новгороде кабинет физики, который впоследствии стал базой для деятельности Кружка любителей физики и астрономии.

Таким образом, к 80-м годам прошлого столетия в Нижнем Новгороде образовалась большая группа энтузиастов — любителей астрономии. Ядром этой группы были преподаватели губернской гимназии из поколения учеников Ильи Николаевича Ульянова. Но в то время право основания научных обществ, включая исто-

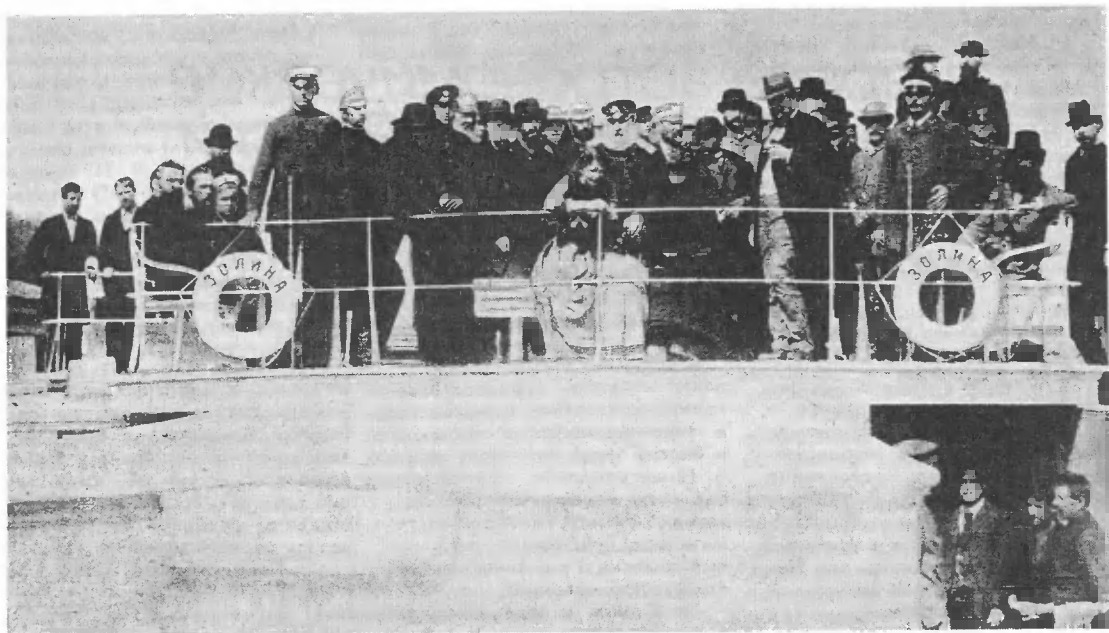
рические и архивные, принадлежало советам университетов. Нижний Новгород не был университетским городом, и рано возникшая мысль об организации научного астрономического общества довольно долго оставалась нереализованной.

Поводом вновь вернуться к этой идее послужило солнечное затмение 7(19) августа 1887 г. Полоса полной фазы этого затмения проходила через г. Юрьевец, Костромской губернии, расположенный в 154 км от Нижнего Новгорода выше по Волге.

Нижегородская интеллигенция, конечно же, не осталась в стороне от этого события. Для поездки в Юрьевец были специально зафрахтованы четыре парохода. На одном из них под названием «Эолина» отправился наблюдать затмение и В. Г. Короленко.

«...Я еду смотреть затмение в Юрьевец. Уже несколько дней в народе ходят толки о затмении и о том, что в Нижний съехались астрономы, которых сарая публика зовет то "остроумами", то "астроломами". Слова эти часто слышны теперь на Волге и звучат частью иронически ("Иностранные остроумы. Больше бога знают..."), частью даже враждебно». Так начинается очерк В. Г. Короленко «На затмении».

Обратный путь прошел в разговорах о затмении и других астрономических явлениях, об астрономии вообще. И вновь всплыла мысль об обществе любителей астрономии. Директор банка и попечитель Нижегородского дворянского института П. А. Демидов, страстный любитель астрономии и большой поклонник К. Фламариона,



Поездка на затмение 19 августа 1887 г. Третий слева (сидит) В. Г. Короленко.

взялся похлопотать об этом в Петербурге.

Министерство народного просвещения не утвердило название «Кружок любителей астрономии», так как в учебных программах того времени не было предмета астрономии. Пришлось согласиться на прибавление слова «физика». Председателем Нижегородского кружка любителей физики и астрономии был избран П. А. Демидов. Наконец, 4 ноября (23 октября) 1888 г. в зале дворянского собрания состоялось торжественное открытие. Несколько позднее он был размещен в губернской гимназии. Ныне в этом здании располагается Горьковский педагогический институт им. М. Горького.

Основным направлением деятельности кружка было чтение научно-популярных лекций по астрономии и физике: более сложных — для подготовленных лиц, общедоступных — для широких масс. Кружковцы были увлечены этим занятием и находились в курсе самых последних достижений науки. Число слуша-

телей постоянно росло. Здесь можно было встретить учителей, адвокатов, врачей, купцов, промышленников, гимназистов. Были организованы курсы по физике и оптике для подготовки гимназистов к экзаменам на аттестат зрелости.

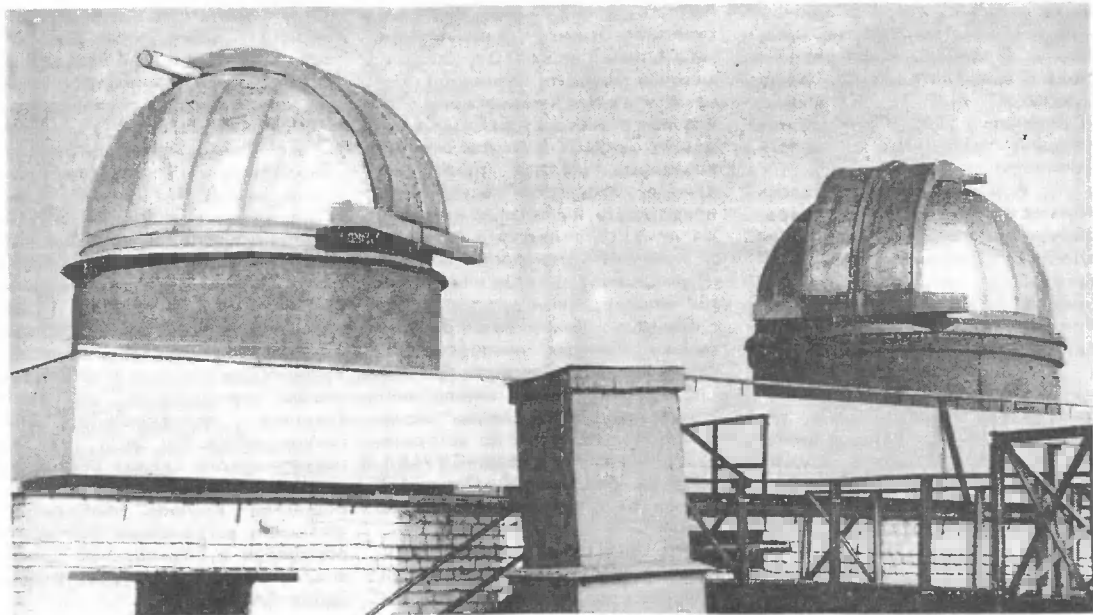
Кружок приобрел у известного астронома Ф. А. Бредихина трубу Мерца. В ясные вечера инструмент устанавливали во дворе гимназии и наблюдали Луну, Юпитер, Марс, Сатурн, звезды. Наблюдения сопровождалось пояснениями и собирали очень много любознательных и любопытствующих. На крыше здания коммерческого училища кружковцы построили небольшую астрономическую вышку, а вскоре была построена и вторая вышка — на крыше мужской гимназии.

Отчеты о деятельности кружка регулярно печатались в местных газетах «Губернские ведомости», «Волгарь» и «Нижегородский листок», а также в московском журнале «Наука и жизнь». Стали поступать письма из далеких деревень и уездных городов. Сельские учителя, крестьяне и другие граждане просили разъяснить непонятные места в печатных сообщениях, запрашивали интересовавшие их сведения, научную литературу,

иногда описывали наблюдавшие-ся ими явления — падение метеоритов, шаровые молнии и т. д. В некоторых местах Нижегородской губернии стали возникать своего рода «филиалы» кружка.

Чтобы помочь любителям астрономии, было принято решение о ежегодном издании «Русского астрономического календаря». Первый его выпуск на 1895 г. был напечатан в Петербурге в качестве бесплатного приложения к журналу «Научное обозрение». Календарь оказался неудачным, так как содержал множество ошибок и опечаток. Три последующих, московских, выпуска имели большой успех. С 1898 г. и вплоть до 1951 г. календарь издавался в Нижнем Новгороде (Горьком). В 1934 г. он был переименован в «Астрономический календарь» — орган ВАГО, и в 1952 г. издание его перенесено в Москву.

К концу XIX в. авторитет кружка вырос настолько, что его членами и активными корреспондентами стали многие известные ученые: физики П. Н. Лебедев, Н. Е. Жуковский, Н. А. Умов, В. А. Стеклов, астрономы А. А. Белопольский, Ф. А. Бредихин, С. П. Глазенап, П. К. Штернберг, В. К. Цераский,



Обсерватория Горьковского отделения ВАГО после реконструкции 1981 г.

французский астроном К. Фламарион, геолог А. П. Карпинский, а также Д. И. Менделеев, К. Э. Циолковский и многие другие. Особенно тесной была связь кружка с Ф. А. Бредихиным и К. Э. Циолковским. Умирая, Бредихин завещал кружку кометоискатель, который сопровождал его во многих поездках по России.

Циолковский был принят в члены кружка в 1893 г., когда еще был безвестным калужским учителем. В одном из своих писем он писал: «Я с благодарностью вспоминаю, что Нижегородский кружок любителей физики и астрономии помог мне в издании моих работ. Я ему обязан и позволю себе пожелать кружку продолжать свою полезную деятельность...» Горький также состоял в переписке с кружком, посещал его собрания, публичные лекции и наблюдал звездное небо в «бредихинский» телескоп.

В 1906 г. кружок организовал для взрослых первые в Нижнем Новгороде вечерние курсы, где было два отделе-

ния — высшее для тех, кто закончил городское училище, а низшее для лиц, окончивших только начальную школу. В программу курсов входили занятия по арифметике, алгебре, геометрии, физике, химии и анатомии человека. На эти курсы принимались лишь лица низшего сословия: конторщики, приказчики, мастеровые, рабочие. Полный набор в 120 человек был заполнен в первые же дни после объявления об открытии курсов. Однако из-за наступившей в стране реакции курсы вскоре были закрыты, а за кружком установилась репутация неблагонадежного. И только в 1916 г. идею создания вечерних курсов для взрослых по инициативе кружковцев вновь удалось возродить в виде Народного университета. Большая заслуга в этом принадлежит члену кружка В. В. Адрианову, который был избран первым председателем совета Народного университета.

Много внимания уделял кружок работе с преподавателями школ. С первых же дней своего существования кружок начал собирать библиотеку, которая стала первой публичной естественнонаучной библиотекой Нижнего Новгорода. Составлялась она из пожертвований от членов кружка и уче-

ных, связанных с его деятельностью, от различных учреждений нашей и зарубежных стран. Поступали книги из Академии наук, университетов, обсерваторий.

Часть книг и журналов приобреталась на средства, которыми располагал сам кружок. В 1891 г. сбор от публичных лекций был передан кружком «для устройства школьных столовых в местах, пострадавших от неурожая». В 1894 г. по инициативе кружка состоялось празднование 100-летия Н. И. Лобачевского и сбор средств на сооружение его памятника в Казани.

После Великой Октябрьской социалистической революции состав кружка начал быстро пополняться любителями астрономии из числа рабочих, крестьян, военнослужащих. Деятельность кружка стала и морально и материально поддерживаться государством. В 1921 г. редакционная коллегия научной литературы при Академическом центре Главнауки НКП приняла специальное постановление, поддерживающее ходатайство кружка о возобновлении издания «Русского астрономического календаря». От астрономов Москвы, Петрограда и других городов стали поступать необходимые для составления кален-

даря астрономические данные, научные заметки и другие материалы. В кружке была создана секция вычислителей под руководством М. А. Касаткина. И начиная с 1923 г. регулярное издание календаря возобновилось.

В мае 1927 г. состоялось торжественное открытие переоборудованной обсерватории на здании педагогического института, а 29 июня 1927 г. в ней уже проводились массовые наблюдения полного солнечного затмения.

Еще начиная с 1924 г. кружковцы приступили к наблюдениям переменных звезд. Эта работа особенно активизировалась после прихода в кружок в 1925 г. шестнадцатилетнего любителя астрономии Б. В. Кукаркина, будущего крупного исследователя переменных звезд. По его инициативе в 1927 г. была создана секция

наблюдателей и начал систематически выходить научно-информационный бюллетень «Переменные звезды» (впоследствии на двух языках). Нижегородский кружок становится одним из ведущих центров по изучению переменных звезд. Бюллетень вскоре приобрел всемирную известность. В обмен на него стали приходить издания из зарубежных обсерваторий. Многие крупные иностранные ученые вели непосредственную переписку с кружком, обмениваясь результатами научных исследований, оттисками своих трудов. Вскоре библиотека кружка имела всю основную современную зарубежную литературу по астрономии и смежным наукам. С 1946 г. издание бюллетеня «Переменные звезды» перешло в ведение АН СССР.

Продолжал кружок оказывать посильную помощь и органам народного образова-

ния. В 1928 г. при кружке была открыта лаборатория-мастерская по изготовлению наглядных пособий по физике и астрономии для школ города. Руководителем лаборатории был Н. А. Остроумов — сотрудник Нижегородской радиолaborатории им. В. И. Ленина. Возглавлял кружок в период с 1914 по 1934 г. преподаватель физики В. В. Мурашов, на плечи которого легла нелегкая задача сохранения его в трудные годы становления нового государства.

В 1932 г. началось объединение общественных астрономических организаций во Всесоюзное астрономо-геодезическое общество. И в 1934 г. после первого съезда Всесоюзного астрономо-геодезического общества Кружок любителей физики и астрономии был преобразован в Горьковское краевое, а затем областное, отделение ВАГО.

Научные редакторы:

И. Н. АРУТЮНЯН,
О. О. АСТАХОВА,
Л. П. БЕЛЯНОВА,
М. Ю. ЗУБРЕВА,
Г. В. КОРОТКЕВИЧ,
Г. М. ЛЬВОВСКИЙ,
Л. Д. МАЙОРОВА,
Н. Д. МОРОЗОВА,
Е. М. ПУШКИНА,
Н. В. УСПЕНСКАЯ

Литературный редактор
Г. И. ПАНКОВА

Художник
П. П. ЕФРЕМОВ

Художественные редакторы:
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Заведующая редакцией
О. В. ВОЛОШИНА

Корректор
О. Н. БОГАЧЕВА

В художественном оформлении
номера принимали участие:

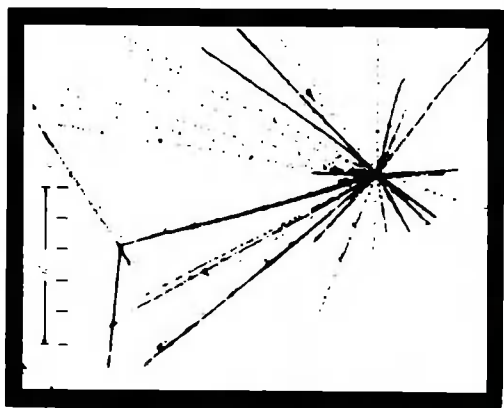
Н. Х. БУТЫРИНА,
Б. А. КУВШИНОВ,
Р. Э. МАТКАЗИН,
В. А. СКРЕБНЕВ,
Е. К. ТЕНЧУРИНА,
Ю. В. ТИМОФЕЕВ

Ордена Трудового Красного
Знамени издательство «Наука»

Адрес редакции:
117049, Москва, ГСП-1,
Мороновский пер., 26
Тел. 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 26.02.90.
Подписано в печать 10.04.90.
Т-07730
Формат 70×100 1/16
Бумага офсетная, № 1
Офсетная печать.
Усл. печ. л. 10,32.
Усл. кр.-отт. 1572,7 тыс.
Уч.-изд. л. 15,0.
Тираж 58 750 экз.
Зак. 434.
Цена 80 к.

Ордена Трудового
Красного Знамени
Чеховский полиграфический
комбинат
Государственного комитета СССР
по печати
142300, г. Чехов
Московской области



Среди многочисленных заслуг фотографии, отметившей недавно 150-летний юбилей, одна из наиболее выдающихся — возможность увидеть невидимый мир элементарных частиц.

Жданов Г. Б., Сухов Л. В. ЯДЕРНАЯ ФОТОГРАФИЯ



Исследования единственного в мире коллектива палеоэнтомологов — лаборатории членистоногих Палеонтологического института АН СССР — обеспечили ей бесспорное мировое лидерство.

Расницын А. П. ИСТОРИЯ ПАЛЕОЭНТОМОЛОГИИ И ИСТОРИЯ НАСЕКОМЫХ

Как согласовать планы развития общества с непредсказуемой и неисповедимой эволюцией Вселенной и человека? Мы не можем точно предсказать будущее, но можем попытаться учесть изменение целей в процессе развития.

Моисеев Н. Н., Поспелов И. Г. НАПРАВЛЕННОСТЬ ЭВОЛЮЦИИ И РАЗУМ

ПРИРОДА

6⁹⁰



«Будущее и власть в нем, по-видимому, будет принадлежать людям науки. У нас меня угнетает бездарность новых официальных философских исканий при даровитости народа».

Вернадский В. И. «ЦАРСТВО МОИХ ИДЕЙ ВПЕРЕДИ...» (Из записей 1931 года).

Хотя природа биологической памяти еще далека от окончательного понимания, огромный поток экспериментальных работ и новые теоретические подходы позволяют надеяться, что в недалеком будущем будут разгаданы механизмы этого сложнейшего и интереснейшего явления.

Титов С. А. СИСТЕМНЫЙ И МОЛЕКУЛЯРНЫЙ ПОДХОДЫ К ПРОБЛЕМАМ ПАМЯТИ

Как свидетельствуют геолого-геоморфологические и ландшафтные исследования на трассе строящегося канала Волго-Дон-II, неблагоприятные последствия превысят предполагаемую пользу от орошения новых площадей.

Брылев В. А., Жбанов Ф. И., Агарков Е. В. ВОЛГО-ДОН-II: БЫТЬ ИЛИ НЕ БЫТЬ?

