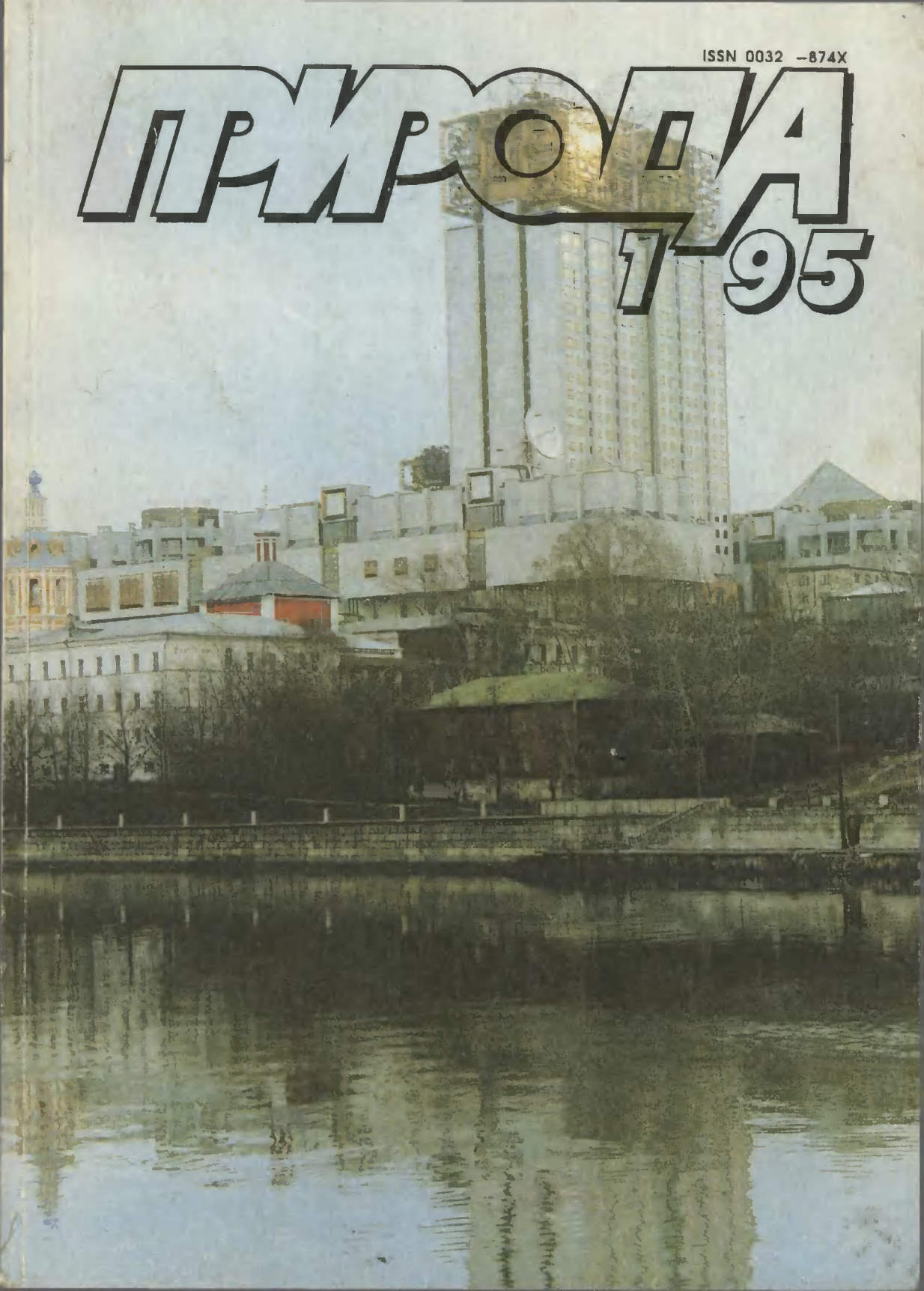


ISSN 0032 -874X

ПРОДА

1995



ПРИРОДА

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Издается с января 1912 года

Главный редактор академик А.Ф.АНДРЕЕВ

Первый заместитель главного редактора А.В.БЯЛКО

Заместители главного редактора:

А.А.ГУРШТЕЙН (история естествознания),

А.А.КОМАР (физика),

А.К.СКВОРЦОВ (биология),

А.А.ЯРОШЕВСКИЙ (науки о Земле)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

И.Н.АРУТЮНЯН (редактор отдела физико-математических наук), О.О.АСТАХОВА (редактор отдела биологии и медицины), кандидат химических наук Л.П.БЕЛЯНОВА (ответственный секретарь), член-корреспондент РАН Н.А.БОГДАНОВ (геология), член-корреспондент РАН В.Б.БРАГИНСКИЙ (физика), член-корреспондент РАН А.Л.БЫЗОВ (физиология), доктор географических наук А.А.ВЕЛИЧКО (палеогеография), академик АМН А.И.ВОРОБЬЕВ (медицина), доктор биологических наук Н.Н.ВОРОНЦОВ (охрана природы), академик М.Е.ВИНОГРАДОВ (биоокеанология), член-корреспондент РАН С.С.ГЕРШТЕЙН (физика), доктор географических наук Н.Ф.ГЛАЗОВСКИЙ (география), академик Г.С.ГОЛИЦЫН (физика атмосферы), академик Г.В.ДОБРОВОЛЬСКИЙ (почвоведение), академик В.А.ЖАРИКОВ (геология), член-корреспондент РАН Г.А.ЗАВАРЗИН (микробиология, экология), М.Ю.ЗУБРЕВА (редактор отдела географии и океанологии), академик В.Т.ИВАНОВ (биоорганическая химия), академик В.А.КАБАНОВ (общая и техническая химия), Г.В.КОРОТКЕВИЧ (редактор отдела научной информации), академик Н.П.ЛАВЕРОВ (геология), Л.Д.МАЙОРОВА (редактор отдела геологии, геофизики и геохимии), доктор биологических наук Б.М.МЕДНИКОВ (биология), Н.Д.МОРОЗОВА (научная информация), доктор геолого-минералогических наук Л.Л.ПЕРЧУК (геология), доктор технических наук Д.А.ПОСПЕЛОВ (информатика), член-корреспондент РАН В.А.СИДОРЕНКО (энергетика), академик В.Е.СОКОЛОВ (зоология), академик В.С.СТЕПИН (философия естествознания), академик В.Н.СТРАХОВ (геофизика), Н.В.УСПЕНСКАЯ (редактор отдела философии, истории естествознания и публицистики), академик Л.Д.ФАДДЕЕВ (математика), доктор биологических наук М.А.ФЕДОНКИН (палеонтология), доктор биологических наук С.Э.ШНОЛЬ (биология, биофизика), О.И.ШУТОВА (редактор отдела экологии и химии), доктор физико-математических наук А.М.ЧЕРЕПАЩУК (астрономия, астрофизика).

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Связь времен: новое здание Президиума Российской Академии наук (1990 г.) на Воробьевых горах в Москве; рядом с ним — Андреевский, бывший Спасо-Преображенский мужской монастырь, где располагалось основанное боярином Федором Ртищевым первое в России (1649 г.) училище для преподавания свободных наук, прообраз Славяно-греко-латинской академии. См. в номере: НАЧАЛО ДИАЛОГА.



Издательство «Наука» РАН

© Российская академия наук
журнал «Природа» 1995

В НОМЕРЕ

3 НАЧАЛО ДИАЛОГА

Патриарх Московский и всея Руси
Алексий II

«И НАУКА, И ЦЕРКОВЬ СЛУЖАТ
БЛИЖНЕМУ, СЛУЖАТ НАРОДУ» (3)

Раушенбах Б. В.

МИФ ОБ АНТАГОНИЗМЕ НАУЧНО-
ГО И РЕЛИГИОЗНОГО МИРОВОЗ-
ЗРЕНИЯ (9)

11 Довгуша В. В., Тихонов М. Н.

О ПРОБЛЕМЕ ЗАХОРОНЕНИЯ РА-
ДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В МО-
РЯХ

Проблема захоронения радиоактивных отхо-
дов — одна из важнейших в атомной энерге-
тике. Ее решение путем слива жидких и затоп-
ления твердых отходов в моря и океаны приво-
дит к радиоактивному заражению среды оби-
тания морских животных и растений, что не-
безопасно и для людей.

21 Трубников Б. А., Гаряев П. П.
ПОХОЖА ЛИ «РЕЧЬ» ДНК НА
КОМПЬЮТЕРНЫЕ ПРОГРАММЫ?

Попытки интерпретировать фрагменты ДНК-
текстов, сравнивая их с речью человека или
компьютерными программами, вероятно, мо-
гут оказаться полезными в чтении генетиче-
ской информации, накопленной в банках дан-
ных.

33 ГЕОЛОГИЯ НА ПОРОГЕ НОВОЙ
НАУЧНОЙ РЕВОЛЮЦИИ!

В науках о Земле намечились перемены, кото-
рые могут привести к коренному пересмотру
господствующих взглядов и новой концеп-
ции геодинамики.

Пушаровский Ю. М. ПАРАДИГМЫ
В ГЕОЛОГИИ (33)

Хани В. Е. ОТ ТЕКТониКИ ПЛИТ К
ГЛОБАЛЬНОЙ ГЕОДИНАМИКЕ (42)

52 Рычков Ю. Г.

КОЧЕВНИКИ СИБИРСКОЙ ТАЙГИ
(ЭТНОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГРАНЬ
ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ БИО-
РАЗНООБРАЗИЯ)

Два близкородственных тунгусоязычных на-
рода Сибири — эвенки и эвены — с традиция-
ми охотников, оленевых всадников и тяжелых
кочевников дают пример взаимосвязанности
природы и этноса как хранителя ее биологи-
ческого разнообразия.

ВЕСТИ ИЗ ЭКСПЕДИЦИИ

60 Виноградов М. Е.

ПРИДОННОЕ СКОПЛЕНИЕ ПРИПО-
ВЕРХНОСТНЫХ РАЧКОВ В РАЙОНЕ
ГИБЕЛИ АПЛ «КОМСОМОЛЕЦ»

62 Фабелинский И. Л.
МОЛЕКУЛЯРНОЕ РАССЕЯНИЕ СВЕ-
ТА И СПЕКТРЫ МАНДЕЛЬШТАМА —
БРИЛЛЮЭНА

Спектры молекулярного рассеяния света не-
сут в себе обширные сведения о самых тонких
явлениях, обнаруживающихся при взаимодей-
ствии излучения с веществом.

71 ТРИДЦАТЬ ЛЕТ СПУСТЯ

Халатников И. М.

ИЗ БИОГРАФИИ ИНСТИТУТА ТЕО-
РЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ (71)

Когда Л. Д. Ландау после автомобильной ката-
строфы потерял способность работать, встал
вопрос, как сохранить его школу. Появилась
мысль собрать наиболее ярких учеников
Ландау в одном месте и попытаться создать
нечто эквивалентное его критическому уму.

Федоров М. А.

В ЖАНРЕ ЮБИЛЕЙНЫХ ЗАМЕ-
ТОК (84)

«ЕСЛИ ДЕТИ ЖЕНЯТСЯ, ТО НЕ СО-
ВЕТУЮТСЯ С РОДИТЕЛЯМИ...»

(Из протокола заседания Ученого
совета Института Физпроблем (90))

91 ПАМЯТИ АЛЕКСАНДРА АЛЕКСАНД-
РОВИЧА БАЕВА

92 Гомазков О. А.

ПРО БОРОК, ПАПАНИНА И ВРЕМЯ

Знаменитый полярник И. Д. Папанин вложил
много энергии и труда не только в организа-
цию многочисленных морских и полярных
экспедиций, но и в создание Института биоло-
гии внутренних вод на берегу Рыбинского
водохранилища, в поселке Борок Ярославской
области.

106 ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ
1994 ГОДА

Аксенов В. Л. ПО ФИЗИКЕ —
В. БРОКХАУЗ и К. ШАЛЛ (106)

Островский М. А. ПО ФИЗИОЛО-
ГИИ И МЕДИЦИНЕ — А. ГИЛМАН

и М. РОДБЕЛЛ (109)

Стег П., Зефирова Н. С. ПО ХИ-
МИИ — Дж. ОЛА (113)

115 НОВОСТИ НАУКИ

РЕЦЕНЗИИ

122 Киржниц Д. А.

ФРАГМЕНТЫ ИЗ ЖИЗНИ Г. А. ГА-
МОВА

124 ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ

Беляков Л. Н.

ВОРКУТИНСКИЕ ДНИ ПРОФЕССО-
РА Г. Л. СТАДНИКОВА

IN THIS ISSUE

3 THE START OF A DIALOGUE

Patriarch of Moscow and All Russia
Alexius II

"BOTH SCIENCE AND RELIGION
SERVE NEIGHBOR, SERVE PEOPLE"
[3]

Raushenbach B. V. A MYTH ABOUT
CONTRADICTION BETWEEN SCIENTIFIC
AND RELIGIOUS WORLD
OUTLOOK [9]

11 Dovgusha V. V., Tichonow M. N. ON THE PROBLEM OF NUCLEAR WASTE DISPOSAL IN SEAS

The problem of nuclear waste disposal is one of
the most actual for the nuclear industry. Its
solution by pouring the liquid waste into the
ocean and the seas leads to nuclear contamination
of the habitat of marine animals and plants,
but is also dangerous for people.

21 Trubnikov B. A., Garyaev P. P. IS THE DNA "LANGUAGE" SIMILAR TO COMPUTER CODES?

The comparison of DNA-texts fragments with
human language and computer codes may be of
help in interpretation of genetic information
accumulated in databases.

33 IS GEOLOGY AT A THRESHOLD OF A NEW SCIENTIFIC REVOLUTION?

There are some trends in the Earth science which
may lead to a revision of prevailing views and
to the new concept of geodynamics.

Puscharovski Yu. M. PARADIGM OF
GEOLOGY [33]

Khain V. E. FROM PLATE TECTONICS
TO GLOBAL GEODYNAMICS [42]

52 Rychkov Yu. G. NOMADS OF THE SIBERIAN TAIGA (ETHNO-ECOLOGICAL FACET OF BIODIVERSITY PRESERVATION PROBLEM)

Two closely related Tungus speaking Siberian
peoples — Evenks and Evens — with their tradi-
tions of hunters and reindeer riders, with their
habits of nomadic life in taiga give us an example
of interconnection between problems of biodiver-
sity and ethnodiversity of the planet.

NEWS FROM EXPEDITIONS

60 Vinogradov M. E. THE SEA BOTTOM ACCUMULATION OF SURFACE CRAWFISH IN THE VICINITY OF THE DEATH POINT OF THE "KOMSOMOLETS" NUCLEAR SUBMARINE

62 Fabelinski I. L. Molecular Scattering of Light and Mandelstam — Brillouin Spectra Spectra of molecular scattering of light contain vast information about the most fine effects of which appear in the interactions between radia- tion and matter.

71 THIRTY YEARS AFTER

Khalatnikov I. M.
FROM THE BIOGRAPHY OF THE
LANDAU INSTITUTE FOR THE-
ORETICAL PHYSICS [71]

When Lev Landau lost his creative ability after a
cerebric incident, a question arose: how to save his
scientific school. An idea appeared to concentrate
his most bright pupils in one place to create
something equivalent to his critical mind.

Fedorov M. A.
IN A JUBILEE NOTES GENRE [84]
"WHEN CHILDREN WANT TO MARRY
THEY DON'T ASK THEIR PARENTS'
ADVICE" (From the Protocol of
Scientific Board of the Institute for
Physical Problems) [90]

91 ON MEMORY OF ALEXANDR ALEXANDROVICH BAEV

92 Gomazkov O. A. ABOUT BOROK, I. PAPANIN AND THOSE TIMES

The famous polar explorer I. D. Papanin put
much effort not only in organization of numerous
sea and polar expeditions but also in setting
up the Institute of Internal Waters Biology settled
in a place called Borok on the bank of Rybinsk
storage lake.

106 1994 NOBEL PRIZE WINNERS

115 SCIENCE NEWS

BOOK REVIEWS

122 Kirzhnits D. A. SCETCHES OF G. GAMOV'S LIFE

124 MEETING THE FORGOTTEN PAST Belyakov L. N. VORKUTA DAYS OF PROFESSOR G. L. STADNIKOV

НАЧАЛО ДИАЛОГА

Когда летом прошлого года Православная Церковь освятила несколько атомных станций, я стал размышлять, не следует ли журналу отозваться на такое необычное, но значительное событие. Было ясно, что любые комментарии здесь выглядели бы наивными и однобокими. В то же время, как нетрудно было понять, это действие — не спонтанный ответ на просьбу атомщиков, а решение, за которым стоит продуманный и во многом новый для всех нас взгляд на место религии в современном мире. Так возникла мысль обратиться с рядом вопросов непосредственно к Предстоятелю Русской Православной Церкви.

Это вновь для нашего журнала, который практически никогда не касался темы религиозного сознания. Поэтому редакционная коллегия попросила давнишнего автора и внимательного читателя "Природы" академика Б.В.Раушенбаха, известного широтой своих научных и гуманитарных интересов, высказать непосредственную реакцию ученого на эту тему, важную, но непривычную для большинства людей науки.

Стоит вспомнить, что в начале этого бурного века в России уже готов был начаться диалог между научной и церковной интеллигенцией. В 1989 г. в Москве вышел сборник "Вехи", где явно выражена мысль о непротиворечивости науки и религиозного сознания. Но ростки разума слабее страстей, верх взяла совершенно иная политика. Интеллигенция внутри страны полностью потеряла возможность самовыражения за границами своей узкой специальности — собственно по этой причине многое тщательно обходилось и в "Природе". Сегодня в обществе ощущается потребность возврата к темам вечным и заветным.

А.В.Бялко

«И наука, и Церковь служат ближнему, служат народу»

Патриарх Московский и всея Руси Алексий II

Вопрос. Непосредственно перед российскими революциями разница в мировоззрении между религией и наукой оказалась достаточно глубокой (в этом роли обеих сторон, наверное, соизмеримы) — и в то же время многим эта разница не казалась непреодолимой. Хорошо известно, например, что нобелевский лауреат академик И. П. Павлов был глубоко религиозным человеком, но вера в Бога отнюдь не противоречила его исследованиям одного из наиболее загадочных явлений природы — деятельности челове-

ческого мозга. Научные результаты Павлова, конечно, не исчерпывающи, более того, понимание работы мозга и сегодня еще очень далеко от ясности. Кажется очевидным, что такие проявления человеческого мышления и психики, как память, мораль и совесть, лежат на грани научного и религиозного восприятия мира. Каков Ваш взгляд на общую проблему взаимодействия религиозного и научного сознаний?

Ответ. Творец заложил в человека стремление к самопознанию и к изучению окружающей реальности. Это стремление — великое благо. Господь дал нам и возможность улучшать собственную жизнь, творчески преобразовывать мир. Вспомним повествование Библии о нашем

© Патриарх Московский и всея Руси Алексий II. «И наука, и Церковь служат ближнему, служат народу».



*Патриарх Московский и всея Руси Алексий II
Фото Издательского дома «Хроника»*

создании. «И сказал Бог: сотворим человека по образу Нашему, и по подобию Нашему; и да владычествуют они над рыбами морскими, и над птицами небесными, и над зверями, и над скотом, и над всею землею...» (Быт. 1. 26). Вседержитель сделал человека властелином природы. Это великая честь, но и великая ответственность, огромные права, но и огромные обязанности.

Наука как познание и совершенствование мира оценивается христианством глубоко положительно, ибо ею движет творческая сторона человеческой личности, являющаяся одним из признаков нашего подобия Творцу.

Но душа живущего на Земле человека — это не чистый образ Божий. Он искажен неправильным употреблением дарованной нам Господом свободы, что на церковном языке именуется грехом. И в нашем подверженном греху мире очень непросто провести грань между действием в человеке образа Божия и злоупотреблением данными нам талантами.

Вот почему, благословляя стремление человека к познанию и созидательному

преобразованию природы, Церковь с тревогой и предостережением относится ко всем действиям, могущим вольно или невольно нарушить богоданную гармонию бытия, использовать достижения науки во вред человечеству или отдельным его членам. Быть может, в некоторые исторические эпохи Христианские Церкви были слишком осторожны в оценке развития науки и техники. Но не надо забывать и о том, как часто предупреждение об опасности, звучавшее из уст пастырей, которые духовным оком предвидели ее, затем оказывалось оправданным и в конце концов получало обоснование в данных и доводах науки.

И, конечно, христианство никогда не согласится со сциентизмом — этой попыткой сделать науку верховным законодателем и судьей во всех сферах бытия человека, в первую очередь в духовной области. «Рожденное от плоти есть плоть, а рожденное от Духа есть дух», — сказал Господь Иисус Христос (Ин. 3. 6). Духовное существо человека, его нравственные качества созданы Богом, и высшее их развитие, с точки зрения Церкви, не может быть достигнуто без связи с Ним, без общения с Ним в молитве, без опыта жизни по вере. Этот опыт недоступен рациональному познанию, и пытаться оценивать его только по научным критериям — все равно, что оценивать выводы точных наук по критериям красоты духовной поэзии.

К сожалению, и западное, и российское общество прошли период многолетнего искушения сциентизмом — если в Европе и Америке он долгое время был просто одним из господствующих мировоззрений, то у нас его сделали элементом государственной идеологии. Еще недавно, например, и помыслить было нельзя о преподавании в школе какой-либо теории развития человечества, кроме дарвиновской. Сейчас увлечение сциентизмом проходит, но не бесследно. Мне же думается, что осознание тупика, в который способен привести этот взгляд, поможет светской науке и Церкви вести диалог, поможет сотрудничать в подлинном смысле этого слова, то есть со взаимным уважением, с пониманием особой роли и предназначения друг друга.

Вопрос. На Западе активно обсуждаются моральные аспекты эвтаназии (умерщвления смертельно больного с его согласия). Ближе к этой теме и отношение общества к абортам, достаточно раз-

ное в мире. Выскажите, пожалуйста, Ваш взгляд на эти проблемы.

Ответ. Церковь никогда не одобряла насильственного прерывания жизни, зародившейся во чреве матери. Мы считаем, что вечно существующая душа человека начинает свое земное бытие уже с момента зачатия, и поэтому по тяжести греха аборт приравнивается Церковью к убийству. Мне особенно тяжело слышать, что и в нашей стране, и за рубежом раздаются голоса, оправдывающие аборт экономическими и демографическими трудностями. Священный дар жизни не должен погираться ради ухода от материальных трудностей. Материальный мир дан нам, чтобы в нем торжествовала жизнь, а не спланированная и тщательно рассчитанная смерть.

Будучи глубоко убежден в этом, я направил на недавнюю каирскую конференцию ООН по народонаселению и развитию открытое письмо, в котором сказал о недопустимости поощрения государством аборта, признания его нравственно оправданным средством планирования семьи и чуть ли не фундаментальным правом человека. В том же письме я напомнил, что человечество имеет много возможностей для обеспечения населения Земли хлебом насущным. Прежде чем говорить о плановом ограничении рождаемости, не стоит ли более справедливо распределить между странами и континентами имеющиеся ресурсы, сократить до минимума расходы на вооружения и цели, служащие политическим амбициям отдельных государств?

Отношение к жизни как священному Божию дару побуждает христиан скорбеть о том, что наше испорченное грехом общество по-прежнему решает свои проблемы при помощи войн, репрессий, смертной казни. Особо отрицательно Церковь относится к криминальным убийствам и самоубийствам. Эйтаназия — случай несколько отдельный, но христианская совесть не позволяет согласиться на прекращение жизни даже безнадежно больного, страдающего человека, на советование ему самоубийства или помощь в нем. Медицина может приговорить человека. Церковь же до последнего надеется на чудо и всеми доступными ей средствами готовит человека к переходу в мир иной. Христиане не случайно молятся об исцелении больного даже тогда, когда по всем человеческим меркам ясно, что он на пороге неминуемой смерти: любой священник знает случаи, когда Бог являл свою

милость на таких людях, даруя им выздоровление или тихую, мирную кончину.

Вопрос. Современная биология умеет направленно изменять генетическую информацию живых клеток, и, таким образом, стало принципиально возможным создание новых биологических видов. Конечно, в какой-то мере этот процесс происходил и ранее, например при скрещивании домашних животных. Тем не менее существует ли, на Ваш взгляд, необходимость выработки отношения Церкви к эволюции живого, направляемой человеком?

Ответ. Нельзя сказать, чтобы у нашей Церкви не было возможности изучить проблемы христианского отношения к генной инженерии. Даже в те годы, когда большинство православных христиан было насильственно отторгнуто от множества сфер жизни общества, мы участвовали в формировании взглядов на этот вопрос вместе с зарубежными братьями и сестрами, в частности, на базе Всемирного Совета Церквей.

Как изучение зарубежного опыта, так и российская реальность показывают: вмешательство науки в формирование генной структуры должно производиться с величайшей ответственностью и осторожностью, под строжайшим гласным контролем со стороны общества.

Генная инженерия, как и всякое научное направление, может принести людям пользу. Но если ученые станут экспериментировать на генетическом «материале», не будучи вполне уверены, что справятся с плодами своих опытов, — последствия могут быть неопределимо трагичны. Не говорю уже о том, что методы генной инженерии может использовать человеческое неразумие, а то и злая воля, скажем, для выведения «чистых наций» или людей с заданными свойствами... Такое насилие над творением Божиим закончится катастрофой. Вот почему ученые, работающие в данной сфере, призваны обладать высокой профессиональной этикой, а народы должны знать, что, как и зачем делается в лабораториях этих ученых.

Вопрос. Недавно появилась возможность частично расшифровывать генетическую информацию умерших людей и животных. Ведется также работа по расшифровке генома человека — определению полной информации, которая передается новому существу при его создании. Конечно, это не даст возможности воскрешать умерших, но возникнет сама поста-

новка такого вопроса. Как Церковь отнеслась бы к этой идее?

Ответ. Уникальная, неповторимая человеческая личность приходит в этот мир только один раз, чтобы нынешней временной жизнью приготовить себя к жизни вечной. Положим, появится возможность использовать генетический материал ныне живущего или жившего когда-то человека, чтобы создать его «точную копию». Но, согласно христианскому учению, душа этого человека после смерти продолжает жить за гробом. Кем станет его «двойник»? Верующему человеку ясно: это будет уже другая личность. Причем материальная форма индивидуума, посланного Господом в одну историческую реальность, повторится совершенно в другой. Не нарушит ли это богоустановленных законов природы?

Поднятая вами тема имеет и социальный аспект. Если бы мы могли воскрешать умерших, кому бы, при несовершенной общественной морали, мы подарили вторую жизнь? Не оказалось бы человечество вскоре перенасыщенным кланами интеллектуалов, ярких исторических фигур (причем вовсе не обязательно лучших из них) или просто членами богатых семей? Все эти вопросы я задаю не для того, чтобы призвать к прекращению научных исследований. Но всякий раз, когда мы помышляем о вторжении в тончайшую материю естества личности и человечества, нам надо быть предельно бережными и аккуратными. Здесь лучше сто раз подождать и подумать, чем поспешно решиться на эксперимент, итоги которого могут поколебать основы нашего будущего.

Вопрос. Ядерная энергетика возникла как продукт научной деятельности в то время, когда Русская Православная Церковь была лишена возможности живого, взаимоплодотворного общения с учеными и политиками. Поэтому контакты Церкви с ядерной промышленностью, с одной стороны, вызывают сегодня понимание и, кроме того, надежду на положительное моральное воздействие на персонал ядерных установок. С другой стороны, Министерство атомной промышленности не имеет высокого морального авторитета даже в научных кругах, непосредственно занимающихся проблемами ядерной безопасности, что заметно проявилось при расследовании происшедших тяжелых аварий. Вследствие этого установившееся взаимодействие Церкви и Минатома вызывает и ряд естественных опасений: не будут ли

случайно «освящены» скрываемые от общественности нарушения технологии, приводящие к ядерным авариям. Как Вам представляется конкретное осуществление моральной роли Церкви в ядерной энергетике?

Ответ. Когда священник освящает рабочие помещения атомной электростанции, он молится о том, чтобы Господь сохранил в безопасности трудящихся там людей, чтобы их работа пошла на пользу народу. Но это нельзя воспринимать как некую нравственную индульгенцию. Церковь стремится научить каждого человека, какой бы деятельностью он ни занимался, заботиться о добрых плодах своего труда, действовать в мире с природой и обществом. Понятно, что это особенно касается тех, в чьих руках находится сложный и опасный механизм управляемой ядерной энергии.

К чему может привести небрежное отношение к «мирному» атому, весь мир увидел на примере чернобыльской трагедии. Мне думается, что многие из причин, породивших ее, не ушли из нашей жизни.

Положение усугубляется и кризисными явлениями в хозяйстве стран СНГ, провоцирующими растущее невнимание к вопросам безопасности производства, ввергающими многих некогда обеспеченных и уважаемых специалистов в соблазн использовать свои знания для легкого и несправедливого обогащения. Меня глубоко тревожит возможность бесконтрольного использования ядерных материалов и технологий, могущих ныне попасть не в самые чистые и надежные руки. Если эта проблема не будет решена, мир может столкнуться с самыми пагубными последствиями уже в этом десятилетии.

Так что Церковь не закрывает глаза на трудные вопросы, стоящие перед гражданской и военной атомной промышленностью. Мы призываем и государство, и всех трудящихся в этой области на деле служить народному благу, которое — не только в материальном обеспечении ныне живущих и не только в поддержании безопасности страны, но и в попечении о будущих поколениях, для которых мы призваны сохранить Землю.

Вопрос. Церковью (вместе с рядом экологических организаций) недавно был сформулирован запрос о перенесении хранилища ядерных отходов «Радон», находящегося в нескольких десятках километров от Троице-Сергиевой Лавры. Позвольте сформулировать вопрос более об-

щим образом, чем решение судьбы конкретно «Радона». Как известно, безопасность ядерных захоронений должна быть рассчитана вперед на миллионы лет, то есть на сроки, сравнимые со временем существования человечества. С точки зрения отдельного человека эти сроки есть вечность, поэтому расчеты захоронений имеют значительный моральный аспект. Готова ли Православная Церковь высказать свое отношение к этой проблеме в целом?

Ответ. Вопрос «Радона» больше известен нам потому, что это хранилище ядерных отходов находится вблизи Лавры. Но «Радон», действительно, лишь часть огромной проблемы, волнующей всех жителей бывшего Советского Союза. Даже в центре Москвы находят опасные ядерные могильники. И мне думается, что сегодня государственная власть при содействии всего общества должна исправить ошибки своих предшественников, по чьей вине в густонаселенных местах возникли смертоносные захоронения.

Могильники, представляющие угрозу для жизни и здоровья людей, необходимо перенести в ненаселенные районы, безопасные с точки зрения распространения радиации. Естественно, при создании новых ядерных захоронений нельзя повторять печальный опыт прошлого. Также не стоит, по-моему, жертвовать экологической безопасностью страны ради сиюминутной выгоды, ввозя радиоактивные отходы из-за границы.

Вопрос. Как Вы оцениваете деятельность академика А. Д. Сахарова — и по созданию наиболее разрушительного оружия, и по его последовавшей борьбе с государством, получившим это оружие?

Ответ. Насколько я знаю, многие ученые, приложившие руку к созданию ядерного оружия, были потрясены результатами его применения и стали решительно бороться против «бомбы». В этом смысле удивительно похож жизненный путь нескольких крупнейших физиков, родившихся в разных странах: Бора, Оппенгеймера, Эйнштейна, Сахарова... Быть может, Господь дал этим людям особое чувство покаяния. Они, чей разум принес человечеству огромную силу, которая тотчас же была использована для убийства и разрушения, остро почувствовали свою ответственность за происшедшее. И нельзя не воздать должного их противостоянию военному использованию энергии атома. Сахаров, как и Оппенгеймер, подвергся за это гонениям со стороны политиков.

Но моральная победа осталась за ним. Значение твердости его нравственной позиции в правозащитной деятельности в истории нашего Отечества сегодня признается даже теми, кто не разделяет политических взглядов Андрея Дмитриевича.

Вопрос. Позвольте затронуть и тему мироздания. Зачатки научных, в частности астрономических, знаний в древние времена были неотделимы от религий. Поэтому вполне понятно, что в религиозных текстах содержатся сведения о миропредставлении людей, их написавших. Расхождение современных астрономических знаний с буквально понимаемыми каноническими текстами вызывало до самого последнего времени заметные напряжения в отношениях религии и науки. Как Вы видите пути преодоления таких разногласий?

Ответ. В традиции Церкви есть временное и вечное. В разные века взгляды христиан на отдельные стороны мироздания, зависевшие от современных им находок науки, менялись. Они будут меняться и впредь по мере того, как развиваются знания человечества. Но главное в церковном понимании наших «отношений» с небесными светилами остается неизменным: последователи Христовы, понимая, что нужно изучать видимое небо для нашей пользы, отвергают утверждение о зависимости человеческих и исторических судеб от расположения звезд.

Небесные тела — часть единого творения Бога и постольку занимают свое закономерное место во взаимосвязях постоянно меняющейся картины мироздания. По слову Псалтири, Он «исчисляет количество звезд; всех их называет именами их» (Пс. 146. 4). Иногда в стоянии светил люди могут увидеть взаимосвязь с историческими переменами. Так, о временах исполнения апокалиптических пророчеств Господь сказал: «И буди знамение в солнце и луне и звездах...» (Лк. 21. 25). Святой Василий Великий в IV веке писал: «Для человеческой жизни необходимы указания светил. И если кто не через меру много ищет в их знаменаниях, то при долговременном наблюдении найдет полезные приметы» — об изобилии дождя, засухе, движении ветра и так далее. Но тот же святой предостерегал от веры гороскопам и предсказаниям астрологов, утверждающих, что наша жизнь зависит от движения небесных тел. Каждый человек имеет свободный выбор между добром и злом. Никакие внешние обстоятельства не могут

помешать ему сделать такой выбор, и поэтому нам нельзя оправдывать свои неправомерные поступки, свою лень и нежелание избрать добро некоей предопределенностью, «запрограммированностью» нашего жизненного пути. Бог предвидит наши слова и дела, знает итог наших судеб, побуждает нас к добру, но отнюдь не заставляет нас идти тем или иным путем. Не могут этого сделать и иные силы, тем более не обладающие душой и разумом.

В этом всегдашнем своем взгляде на природу небесных тел и влияние их на нашу жизнь Церковь отнюдь не противоречит стремлению науки к их изучению. Церковь может и желает сотрудничать в научном познании мира, возвращать плоды изысканий всех наук, в том числе астрономии. Да и большинство ученых-астрономов едины с пастырями Церкви в неприятии астрологических умопостроений.

Вопрос. Православная Церковь традиционно придерживается юлианского календарного стиля, тогда как гражданский стиль сейчас унифицирован по всему миру. Расхождение между стилями каждые 400 лет возрастает на 3 дня. Через несколько тысячелетий Пасха при сохранении стиля придется на лето, а затем и на осень, что приведет к противоречиям с Писанием. Насколько мне известно, относительно недавно Русская Православная Церковь разрешила некоторым своим частям свободный выбор календарной системы, что и произошло, например, в Эстонской Православной Церкви, которую Вы в свое время возглавляли. Могли бы Вы очертить трудности такого перехода для Православной Церкви в целом? Посильно ли решение этой задачи на грани тысячелетий?

Ответ. Сейчас в мире насчитывается 15 автокефальных, или полностью канонически самостоятельных, Православных Церквей. Некоторые из них перешли на новый, григорианский календарь, некоторые, в частности, Русская, сохранили юлианский (правда, в некоторых регионах и приходы нашей Церкви пользуются новым стилем).

Причина осторожного подхода Русской Церкви к календарной проблеме, конечно, не в том, что, как иногда говорят, «церковные праздники на небе совершают по старому стилю», — в ином мире нет времени, и дата праздника не имеет значения для его обитателей. Надо принимать во внимание традицию Церквей, в которых принят юлианский

календарь. Для людей, привыкших к определенным датам церковных праздников и к зависимости от юлианского календаря системе исчисления дня Пасхи, будет весьма непросто изменить свои вековые обычаи. Вот почему я полагаю, что, прежде чем Церковь будет вносить в календарь какие-либо коренные перемены, данный вопрос должен быть тщательно изучен богословами всех автокефальных Церквей.

Вопрос. Как бы Вы отнеслись к идее проведения, например, совместной конференции астрономов и религиозных деятелей, целью которой было бы выражение взаимного интереса религии и науки и непротиворечивости их принципов, при этом на конкретной основе?

Ответ. Такую встречу я бы приветствовал, и нам есть что обсудить — в частности, ту же проблему календаря. Нам надо обмениваться мнениями с учеными, думать, чем мы можем помочь друг другу. Церковь также просто обязана морально поддерживать мужей науки, сталкивающихся сегодня со многими трудностями, вызванными непростым экономическим и социальным положением в стране.

Но, если вернуться к началу нашей беседы, то я не разделяю ни мнения о противоречивости религии и науки, ни попытки унифицировать их в некоей неясной общности. И наука, и Церковь служат ближнему, служат народу. Церковь и наука тесно взаимосвязаны: это подтверждают ученые — члены Церкви. Мы можем сотрудничать ради создания общества, живущего во внутреннем согласии и в гармонии с окружающей природой, основанного на приоритете нравственности во всех поступках, словах и мыслях. Этого ждет Господь, давший нам этот мир. Этого, осознанно или неосознанно, желает каждый из нас. Послушайте, что писал об этом святой Иоанн Кронштадтский: «Человек! Премудрость, благодать и всемогущество Творца, излившиеся на видимый мир и невидимый, готовы излиться всюю своею бесконечностью и на тебя, если ты будешь стараться быть верным Отцу Небесному чадом, если будешь исполнять Его заповеди о любви к Богу и ближнему. Подвизайся же всеусильно, недремлемо, подвигом добрым».

Ноябрь 1994 г.

Миф об антагонизме научного и религиозного мировоззрения

Академик Б. В. Раушенбах

НАУКУ и религию часто рассматривают как противоположности, считают, что наука не совместима с религией и т. п. Между тем они не противостоят, а дополняют друг друга. Наука — это царство логики, религия — внелогического знания. Даже физиологически это разные полушария головного мозга. К внелогическому знанию относится и поэзия, музыка, изобразительное искусство, многое без чего наша жизнь стала бы серой и скучной. Поэтому проповедовавшееся многие годы «научное мировоззрение» на самом деле было неполноценным и однобоким. Вера, религиозное чувство ни в коем случае не теория, они не ставят себе задачей истолковывать явления, объясняемые естественными науками, их задача — проповедь любви, этических норм и аналогичных ценностей. Поэтому искренняя религиозность многих выдающихся ученых (например, Планка) ничуть не мешала им делать эпохальные научные открытия. Опозиция «наука — религия» в огромном большинстве случаев просто не имеет смысла.

В целом ряде вопросов, адресованных Патриарху, сквозит желание разобраться в противостоянии науки и религии при обсуждении схемы мироздания. Хотя нигде это прямо не говорится, ясно ощущается, что процесс над Галилеем и осуждение книги Коперника сегодня продолжают волновать людей. Мне представляется, что эту сознательно или случайно запутанную проблему полезно обсудить.

Ни в Священном Писании, ни в других авторитетных источниках, которые лежат в основе христианской религии, ничего не говорится о схеме мироздания, нигде не утверждается, что Земля шарообразна, Солнце и планеты движутся вокруг нее по концентрическим сферам и т. п. Следовательно, этот вопрос представляется для Церкви лежащим вне ее компетенции. Это дело ученых, которые наряду с познанием законов, действующих в материальном мире, должны дать ответ и на

вопрос о структуре мироздания. Поэтому появление учения Коперника (занимавшего, кстати, достаточно высокий пост в церковной иерархии) не вызывало никакой негативной реакции католической Церкви, и это длилось несколько десятилетий. Но сказанное вовсе не означает, что его учение не подвергалось ожесточенным атакам. Еще при жизни Коперника он был высмеян и объявлен неучем, но не католической церковью, а... гуманистами, которых все справедливо считают светочами прогресса. В Европе шла даже комедия, где главным комическим персонажем был выведен дурак, утверждавший, что Земля вращается вокруг Солнца.

Почему же гуманисты, сторонники нового и прогрессивного, ополчились против учения Коперника? Для ответа на этот вопрос надо вспомнить, что в те времена астрономия имела большое практическое значение, ею постоянно пользовались сотни, а может быть, и тысячи астрологов. При составлении гороскопов надо было уметь вычислять положение планет на различные даты, и эти вычисления показывали, что гелиоцентрическая схема Коперника хуже согласуется с наблюдениями, чем геоцентрическая схема Птолемея. Ошибки у Коперника были иногда в 2—3 раза больше, чем у Птолемея. Гуманисты, считая, что «практика — критерий истины», объявили учение Коперника вздором. Может быть, красивой математической схемой, но никакого отношения к реальности не имеющей. Близкий к гуманистам Лютер, говоря о Копернике, назвал его дураком, стремящимся разрушить такую науку, как астрономия. Следует обратить внимание на то, что Лютер не говорит о несоответствии учения Коперника религии, а указывает на его несоответствие науке.

Скорее всего, и сам Коперник тяжело переживал свою неудачу, но не знал, как поправить дело. Здесь надо было сделать смелый шаг, отбросив представление о движении небесных тел по идеальным кривым — кругам, считавшееся абсолютно несомненным, начиная с древних греков и до Галилея включительно. Этот шаг

совершил Кеплер; в результате его таблицы оказались точнее Птолемеевых и все ученые сразу стали гелиоцентристами, хотя до работ Кеплера они единодушно стояли на геоцентрических позициях. Точно так же вела себя и Церковь. В вопросах богословски-нейтральных она всегда принимает за правильное то, с чем согласно большинство ученых, — это и естественно, и разумно.

В связи со сказанным можно понять и последовавшее (правда, с большим опозданием) осуждение гелиоцентрической картины мира католической Церковью. Это запоздавшее осуждение было вынужденным и имело не научную или богословскую, а чисто политическую основу. Протестанты обвиняли римского Папу во всех мыслимых грехах (во многом справедливо) и, в частности, в том, что он — враг науки и поддерживает антинаучное гелиоцентрическое учение Коперника. Ведь оно давно осуждено научной общественностью и протестантами и неизменно находило сочувствие у Папы. Руководство католической Церкви было вынуждено показать, что оно тоже считается с наукой, что оно согласно с мнением большинства ученых и публично осуждает гелиоцентрическую схему мироздания.

Для осуждения книг Коперника и Галилея Церковь надо было показать, что они противоречат Священному Писанию. Сделать это было невозможно, т. к. в Священном Писании нет ни слова о схеме мироздания. Пришлось прибегнуть к косвенным доводам — различного рода толкованиям канонических текстов. В частности, можно было воспользоваться чудом Иисуса Навина, остановившего на некоторое время Солнце. Рассуждение было простым до примитивности: раз Навин остановил Солнце, значит, оно двигалось, а, значит, правильна геоцентрическая схема мироздания, предполагающая движение Солнца и неподвижность Земли. Галилей весьма остроумными рассуждениями показал, что, напротив, чудо Иисуса Навина возможно лишь в гелиоцентрической и абсолютно невозможно в геоцентрической системе. Когда Галилей попытался показать свои рассуждения церковным властям, его

просто не стали слушать. Этот гениальный ученый был детски наивен в вопросах политики. Он не понимал, что руководству католической Церкви было абсолютно безразлично, находится в центре мира Земля или Солнце, — важно было публично выступить в качестве покровителей науки. Церковь всегда, а, значит, и в этом случае, должна была быть вместе с большинством ученых. По той же причине сразу после работ Кеплера и протестанты, и католики дружно стали гелиоцентристами, забыв о прошлых толкованиях чуда Иисуса Навина.

Здесь говорилось о католиках и протестантах. А какую позицию занимала Православная Церковь? Обсуждавшиеся выше вопросы мало волновали ее. Однако известно рассуждение одного русского ученого монаха на эту тему. Изложив обе системы, он задается вопросом, какая же из них истинна. И отвечает: «Пусть о том спорят знатоки». Абсолютно точная формулировка! Научные проблемы должны решать ученые, а не богословы.

В свете сказанного обычно декларируемое столкновение «научной» и «религиозной» картины мира при обсуждении схемы мироздания представляется чем-то надуманным. В поставленном редакцией вопросе о «заметных напряжениях в отношениях религии и науки» в связи с астрономическими знаниями отражается эта бытующая (хотя на самом деле безосновательная) легенда, неизвестно кем, когда и с какой целью сочиненная. Сейчас очевидно, что легенда о соответствии геоцентрической системы «религиозной картине мира» и противоречии последней гелиоцентрической системе, а также вызванное этой легендой в свое время противостояние религии и науки фактически лишены смысла. Такого противопоставления (в той форме, которая чувствуется и в вопросах редакции журнала) просто никогда не существовало. И сегодня ученые должны заниматься своим делом — изучать строение и эволюцию Вселенной, а Церковь — пользоваться достижениями науки в тех случаях, когда ей это надо, но не вмешиваться в научную сторону вопроса по существу.

О проблеме захоронения радиоактивных отходов в морях

В. В. Довгуша, М. Н. Тихонов

Задача безопасного захоронения жидких и твердых радиоактивных отходов (РАО), образующихся в процессе работы АЭС, предприятий атомной промышленности и эксплуатации кораблей и судов с атомными энергетическими установками, по своей сложности, дороговизне и социальной значимости сейчас наиболее актуальна и серьезна среди проблем атомной энергетики.

С самого начала развития атомной энергетики и до середины 80-х годов эта задача во все возрастающих масштабах решалась наиболее «простым и дешевым» способом — путем сбрасывания определенной части РАО в моря и океаны. Впервые это было сделано в США в 1946 г., затем с 1949 г. сбросы РАО начала производить Великобритания, с 1955 г. — Япония, с 1959 г. — СССР, с 1965 г. — Нидерланды. Однако с годами пагубные последствия подобной практики становились все более очевидными.

ГЕОГРАФИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МИРОВОГО ОКЕАНА РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ

Наибольшее загрязнение морей и океанов РАО приходится на долю США и Великобритании. Два района Мирового океана постоянно загрязнялись жидкими радиоактивными отходами плутониевых заводов и ядерных реакторов: воды Тихого океана, прилегающие к устьям ряда рек США, и Ирландское море.

К загрязнению вод Тихого океана жидкими РАО приводил главным образом слив отходов с плутониевых заводов Хэнфорда вблизи устья р. Колумбии (радиоактивность стока этой реки достигала 1—3 кКи в сутки¹), а также с атомных

предприятий на берегах рек Рио-Гранде и Колорадо.

В Ирландское море отходы сбрасывались с английских плутониевых заводов — для этого были построены три трубопровода: в Уиндскейле, Дорсете и атомном центре Даунри². Нормы суточного сброса жидких РАО с завода в Уиндскейле составляли по плутонию — 0,1, стронцию — 2, иттрию и церию — 10, рутению и цезию — 100 Ки/сут. Фактически же в отдельные годы сливы отходов по трубопроводам в Ирландское море по активности достигали 100 кКи по β - и γ -излучателям и сотни кюри по плутонию³.

Франция, Япония, Нидерланды, Бельгия, ФРГ, Индия, Швеция, Австралия сбрасывали в моря относительно меньшие количества жидких РАО.

Наряду с регулярным сбросом жидких РАО в Мировой океан с самого начала развития атомной энергетики практиковалось и захоронение твердых РАО на дне морей и океанов. США вели такие захоронения без каких-либо ограничений в районах, находящихся за пределами 75-мильной зоны от побережья, примерно на 50 площадках в Тихом и Атлантическом океанах, а также в Мексиканском заливе. Общее количество отходов, сброшенных в США в 1946—1970 гг., составило 86760 контейнеров суммарной активностью около 100 кКи. Твердые РАО захоранивались в Атлантическом океане и с предприятий Великобритании. В проливе Ла-Манш нормативами разрешалось захоранивать ежегодно 5 тыс. т твердых отходов с суммарной активностью 4 кКи по β - и γ -излучателям, а более активные отходы транспортировались в район океана, расположенный примерно в 480 км от мыса Виланд (Португалия).

© Довгуша В. В., Тихонов М. Н. О проблеме захоронения радиоактивных отходов в морях.

¹ Удаление радиоактивных отходов в пресные воды. МАГАТЭ. Вена, 1963.

² Удаление радиоактивных отходов в моря. МАГАТЭ. Вена, 1961; Отходы атомной промышленности. М., 1963.

³ Health Physic. 1959. № 1. С. 566—582.



Виталий Васильевич Довгуша, доктор медицинских наук, директор Научно-исследовательского института промышленной и морской медицины (г. Санкт-Петербург).

Область научных исследований — общие проблемы экологической медицины и возрастной безопасности, системный анализ и комплексное прогнозирование состояния здоровья и заболеваемости персонала надводного и подводного флотов с ядерными энергетическими установками, радиационно-экологические последствия военно-промышленной деятельности в мирное время. Академик Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности.



Михаил Николаевич Тихонов, старший научный сотрудник того же института. Занимается общими проблемами экологической медицины и медико-экологического мониторинга. Основные научные интересы связаны с концепцией экологической безопасности и риска, средствами индивидуальной защиты, многомерного анализа и обработки данных на ЭВМ.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНТРОЛЬ ЗА СБРОСОМ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

До 1971 г. сбросы РАО проводились без контроля со стороны международных организаций. В 1972 г. на международной конференции в Лондоне была принята конвенция (подписанная СССР совместно с другими государствами) по предотвращению загрязнения морей различными отходами. По конвенции, МАГАТЭ должно было определить категорию высокоактивных веществ, запрещенных для захоронения в море, а также выработать рекомендации для выдачи специальных разрешений на сброс низко- и среднеактивных РАО.

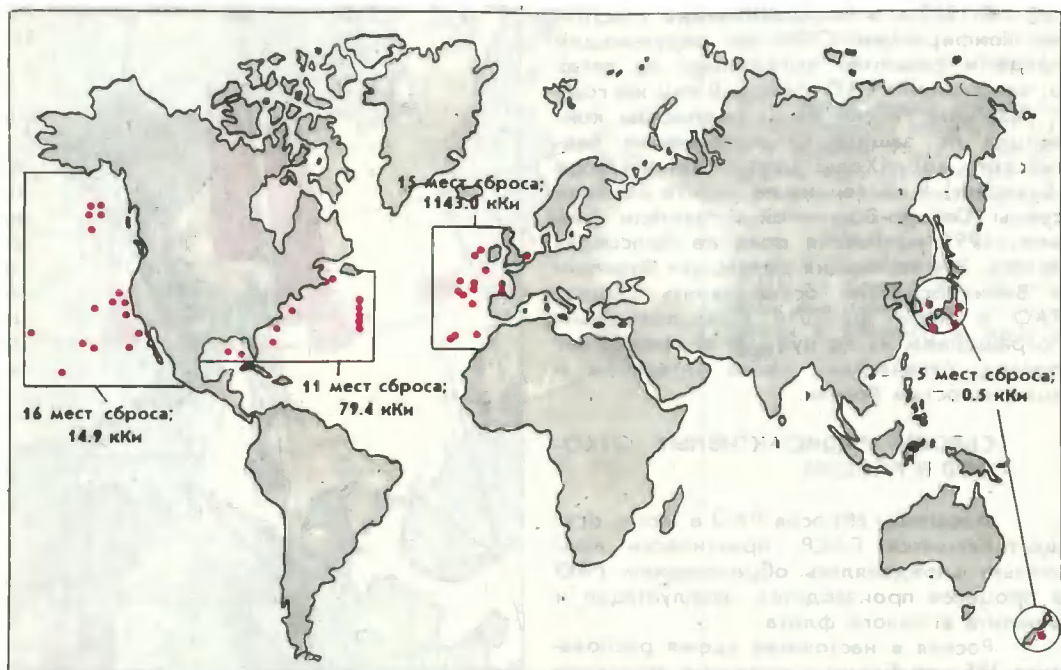
К запрещенным для захоронения в море МАГАТЭ отнесло твердые РАО с удельной активностью, превышающей 1.4 Ки/т по α -излучателям и $4 \cdot 10^2$ Ки/т по β - и γ -излучателям (период полураспада $T_{1/2}$ больше 1 года). Захоронение РАО с низким и средним уровнями радиации допускалось⁴ в районах Мирового океана между 50° с. ш. и 50° ю. ш. за пределами континентального шельфа на глубинах не менее 4000 м.

Однако, несмотря на принятие конвенции, объемы сбросов жидких и твердых РАО в море в последующие годы не только не уменьшились, но продолжали расти. В 1970—1982 гг. твердые отходы предприятий атомной промышленности регулярно сбрасывали в море США, Великобритания, Бельгия, Нидерланды, Франция, Швейцария, эпизодически — Япония, Южная Корея, Италия, ФРГ, Швеция. Именно на этот период приходится максимум сбросов твердых РАО (более 80 %) в северо-восточные регионы Атлантики⁵.

В загрязнении морей как твердыми, так и жидкими РАО особенно негативна роль Великобритании. По данным МАГАТЭ, с 1946 по 1982 г. Великобритания осуществила 34 захоронения твердых РАО с общей активностью около 950 кКи, что составляет примерно 75 % всех подобных

⁴ Определение и рекомендации для Конвенции по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов. МАГАТЭ. Серия изданий по безопасности. Вена, 1988. № 78.

⁵ Assessing the impact of deep sea disposal of low level radioactive waste on living marine resources (Серия технических отчетов МАГАТЭ). Вена, 1988. № 228.



Районы захоронения твердых радиоактивных отходов в море и суммарные величины радиоактивности.

мировых сбросов (без учета СССР). Масштабы же продолжавшихся сбросов жидких РАО были столь велики, что их влияние прослеживалось до Баренцева и Карского морей. Установлено, что время распространения загрязненных вод Ирландского моря вдоль берегов Норвегии до Кольского п-ва составляет около шести лет. Так, по оценкам⁶, средний вынос плутония (^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu) из Ирландского моря уже после прекращения сбросов составлял 40 Ки/год. Экспертное обследование радиоактивного загрязнения акваторий Баренцева, Карского и Гренландского морей, проведенное в 1982 г. во время плавания исследовательского ледокола «Отто Шмидт», показало, что в западных арктических морях ощущается влияние вод Норвежского прибрежного течения, загрязненного радиоактивными отходами. Повышение концентрации ^{137}Cs (в шесть раз по сравнению с уровнем

глобального загрязнения вод Северной Атлантики) зарегистрировано в южной части Баренцева и Карского морей и в восточной части Гренландского моря. Максимальные концентрации ^{90}Sr в водах, поступающих в Баренцево море, превышали глобальный уровень примерно вдвое⁷.

Всего, по данным МАГАТЭ⁸, с 1946 по 1982 г. в Мировом океане захоронено твердых РАО общей активностью около 1.24 МКи (без учета СССР). Эти сбросы распределены по регионам Мирового океана очень неравномерно.

В феврале 1983 г. под давлением мирового общественного мнения участники Лондонской конвенции 1972 г. приняли резолюцию о прекращении на два года сбросов РАО в моря, несмотря на то, что против голосовали Великобритания, Нидерланды, США, Швейцария, Южная Африка и Япония, а воздержались Бразилия, Греция, СССР, Франция и ФРГ. И хотя эта резолюция не имела юридической силы, сбросы РАО в море, начиная с 1983 г., были прекращены.

⁶ Темплтон У. Л. Дозиметрия и экологические эффекты трансурановых элементов в морской воде // Трансурановые элементы в окружающей среде. М., 1985.

⁷ Вакуловский С. М., Никитин А. М., Чумичев В. К. // Атомная энергия. 1985. Т. 58. Вып. 6. С. 445—449.

⁸ См. сноску 5.

В 1992 г. в Рио-де-Жанейро участники Конференции ООН по окружающей среде и развитию высказались за отказ от захоронения РАО в море. В том же году с участием России были подписаны конвенции по защите от загрязнения Балтийского моря (Хельсинки) и Черного моря (Бухарест). К конвенции по защите морской среды Северо-Восточной Атлантики (Париж, 1992 г.) Россия пока не присоединилась. Эта конвенция разрешает Франции и Великобритании осуществлять сбросы РАО в море до 2018 г. с поэтапным сокращением их до нуля, т. е. предлагает подход, отвечающий также интересам и возможностям России.

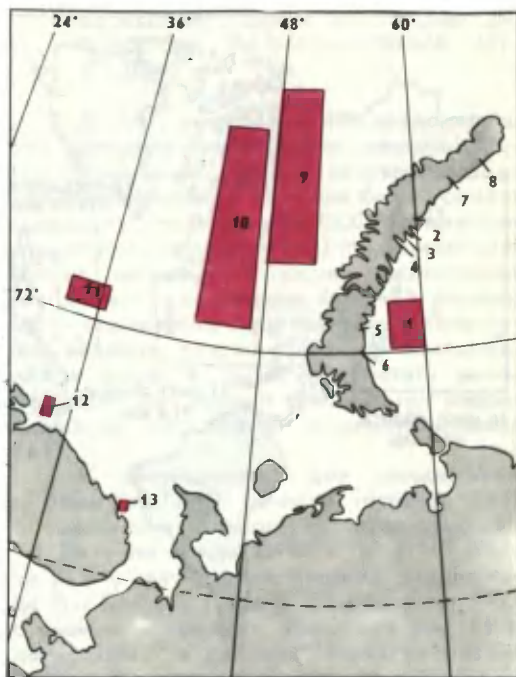
СБРОСЫ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В РОССИИ

Масштабы сбросов РАО в моря, осуществлявшихся СССР, практически полностью определялись образованием РАО в процессе производства, эксплуатации и ремонта атомного флота.

Россия в настоящее время располагает 235 кораблями и судами с атомными энергетическими установками; из них 227 (394 реактора) в ВМФ и 8 (13 реакторов) в Морфлоте РФ. Основное количество РАО на атомном флоте и предприятиях Департамента морского транспорта Минтранса России образуется при перегрузке активных зон реакторов и ионообменных фильтров I и III контуров, проведении ремонтных работ в энергетических помещениях, дезактивации I контура, съемного контурного оборудования и поверхностей помещений. Например, одна предремонтная дезактивация I контура реактора ВМ-4 давала⁹ 230—280 т жидких РАО объемной активностью $7.0 \cdot 10^{-4}$ — $5.6 \cdot 10^{-3}$ Ки/л.

По существующей до последнего времени технологической схеме обращения с РАО на объектах ВМФ, МФ и предприятиях Департамента морского транспорта Минтранса России сливу и захоронению в море могли подлежать жидкие отходы (кроме высокоактивных) и часть твердых.

Сброс отходов в специально выделенные районы морей (с указанием координат)

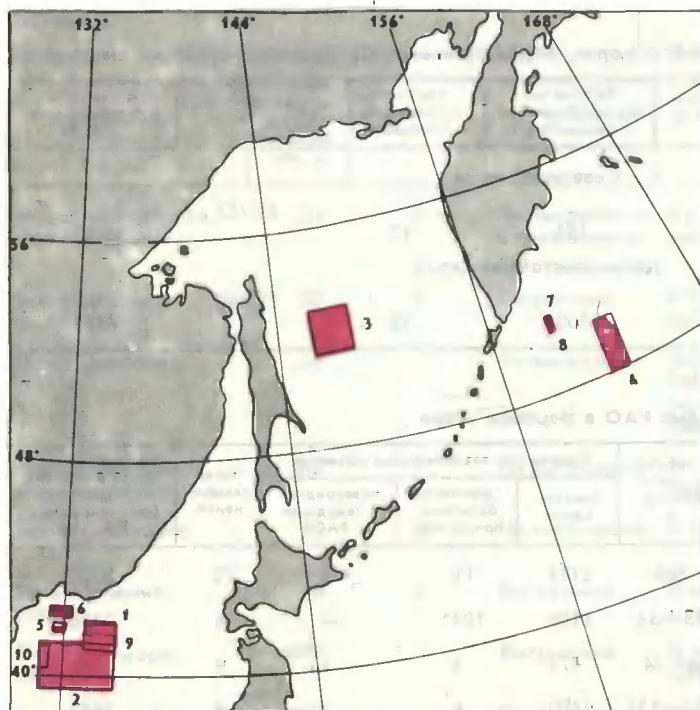


нат) осуществлялся в соответствии с нормативными документами: «Временными санитарными требованиями к захоронению в морях радиоактивных отходов» (ВСТЗ-66), а с 1982 г. «Правилами сброса радиоактивных отходов в море» (ПС-82).

В соответствии с этими документами β - и γ -активные жидкие РАО с удельной активностью менее 10^{-8} Ки/л разрешалось сливать в бухтах пунктов базирования, ремонта и перезарядки кораблей с атомными реакторами. В прибрежных специально выделенных районах моря (на удалении 25 миль от берега) допускался слив жидких РАО с удельной активностью от 10^{-8} до 10^{-5} Ки/л, но жидкие РАО с большей активностью (10^{-5} — 10^{-3} Ки/л) должны были сливаться в специально выделенных районах открытого моря. При ликвидации последствий аварий и в других особых случаях с разрешения Медицинской службы ВМФ и 3-го Главного управления Минздрава СССР (ныне Федерального управления медико-биологических и экстремальных проблем при Минздравмедпроме РФ) с корабля могли удаляться жидкие РАО с удельной активностью более 10^{-3} Ки/л.

Первые сбросы жидких РАО в море в СССР были связаны с ходовыми испытаниями атомных подводных лодок (АПЛ)

⁹ Ерухин К. А., Жданов Э. Б., Кузьмин А. К., Филов Р. А. Предремонтная дезактивация I контура // Радиационная безопасность на транспортных атомных энергетических установках. 1978. № 18. С. 78—80.



Районы захоронения радиоактивных отходов в северных (слева) и дальневосточных (справа) морях.

В северных морях в районах 1—8 сброшены твердые РАО, а в районах 9—13 — жидкие. В акватории Дальнего Востока только один район захоронения твердых РАО (8); в местах, обозначенных цифрами 1—5 и 7, сброшены жидкие РАО, а районы 6, 9 и 10 служат для совместного захоронения и твердых, и жидких РАО.

и атомного ледокола «Ленин» в 1959—1960 гг. Объемы жидких РАО на ВМФ в периоды наиболее активной эксплуатации атомного флота (конец 70-х — 80-е годы) составляли 18—20 тыс. м³ в год. Удельной активностью выше 10⁻⁵ Ки/л из них обладали не более 20 % (3—4 тыс. м³/год), причем их суммарная активность достигала 95 % общей активности жидких РАО. Около 60 % общего количества жидких РАО приходилось на долю Северного флота, причем 30 % из них образовывалось в районе Белого моря и 70 % — Кольского залива. Тихоокеанский флот давал около 75 % жидких РАО в районе Приморья и около 25 % — Камчатки.

Твердые РАО, предусмотренные к захоронению в море, загружались в металлические контейнеры (сталь-3 с толщиной стенок не менее 3 мм), выдерживались определенное время на площадках для временного хранения и затем транспортировались на палубе или в трюмах плавсредств в отведенные для захоронения районы. Крупногабаритные РАО могли либо сбрасываться в море в неупакованном виде, либо загружаться в специально выделенные суда (баржи, лихтеры), не подлежащие дальнейшему использо-

ванию, и затопляться вместе с этими судами.

Захоронение твердых РАО в северных морях началось с 1964 г., а объемы в конце 70-х и в 80-е годы составляли 6—7 тыс. м³ в год; из них более 70 % приходилось на долю Северного флота.

По своему составу твердые РАО представляют собой: горючие отходы (спецодежда, обувь, ветошь, ткани и т. п.) — 35 %; прессуемые отходы (пластикат, резина, пленочные покрытия и др.) — 25 %; металлические отходы (оборудование, контрольно-измерительные приборы, арматура и др.) — 40 %.

Районы захоронения жидких и твердых РАО были выбраны штабами Северного и Тихоокеанского флотов и утверждены Главным штабом ВМФ.

Для Северного флота было определено пять районов слива жидких РАО в Баренцевом море (три — в открытом море с глубинами до 300 м и два прибрежных района) и восемь районов захоронения твердых РАО в Карском море (один в Новоземельской глубоководной, 380 м, впадине и семь — в заливах восточного побережья Новой Земли с глубинами в десятки метров). До 1986 г. в местах, выделенных для Северного флота, осуществлялись также захоронения отходов

Таблица 1

Захоронения жидких и твердых РАО в морях, осуществленные СССР в 1960—1991 гг.

Вид РАО	Объем, м ³	Количество контейнеров	Количество крупногабаритных предметов	Количество затопленных плавсредств	Активность, Ки	Активность (по эквиваленту ⁹⁰ Sr), Ки
Северные моря						
Жидкие	190 434				23 753	
Твердые	31 534	6508	155	17		15 502
Дальневосточные моря						
Жидкие	123 500				12 340	
Твердые	21 842	6868	100	38		6112

Таблица 2

Характеристики захоронений твердых РАО в Карском море

Место и период захоронения	Номер района	Глубина в месте сброса, м	Количество захороненных объектов			Число захоронений	Суммарная активность в момент захоронения (по эквиваленту ⁹⁰ Sr), Ки
			контейнеров	крупногабаритных предметов	плавсредств с твердыми РАО		
Новоземельская впадина, 1967—1991 гг.	1	380	3174	11	10	22	3520
Залив Седова, 1982—1984 гг.	2	13—33	1108	104*	—	8	3410
Залив Ога, 1968—1983 гг.	3	до 24	472	4	1	8	2027
Залив Цивольки, 1964—1978 гг.	4	56—135	1600	6	2	8	2684
Залив Степового, 1968—1975 гг.	5	25—27	—	5	—	5	1280
Залив Абросимова, 1966—1981 гг.	6	12—20	8	7	4	7	661
Залив Благополучия, 1972 г.	7	13—16	—	1	—	1	235
Залив Течений, 1982—1988 гг.	8	до 50	146	—	1	3	3174

* В том числе 91 чехол от отработавшего ядерного топлива.

Мурманским морским пароходством.

Тихоокеанскому флоту было выделено десять районов захоронения РАО: шесть в Японском море и четыре в Тихом океане (восточнее побережья Камчатки), причем шесть из общего количества — для слива жидких РАО, один — для захоронения твердых и три — для совместного захоронения тех и других.

Из всех мест захоронения только один район в Японском море по своим характеристикам (географическому положению, глубинам) приближается к требованиям МАГАТЭ.

Для каждого из районов захоронения РАО были установлены периодичность сбросов, количественный и качественный (изотопный) составы отходов. В одном и том же районе открытого моря в течение года разрешалось сливать жидкие РАО с суммарной активностью не более 5 кКи

по β- и γ-излучателям и 0.5 кКи по α-излучателям, а захоранивать одновременно или отдельными частями твердые РАО с суммарной активностью не более 2 кКи по эквиваленту ⁹⁰Sr, при этом активность реконтейнированных твердых РАО не должна была превышать 0.5 кКи по этому же эквиваленту¹⁰.

¹⁰ Величина активности твердых РАО по эквиваленту ⁹⁰Sr — искусственная характеристика, выражающая токсичность смеси изотопов через ⁹⁰Sr. Поскольку контроль изотопного состава РАО затруднен, на практике об активности РАО судят по уровням γ-излучения от контейнеров с отходами. При этом используется соотношение: 10 мР/ч (на расстоянии 1 м от контейнера) соответствует воздействию на биологические объекты при уровне активности радионуклидов в 1 Ки активности по эквиваленту ⁹⁰Sr.

Таблица 3

Затопление ядерных реакторов Советским Союзом в 1965—1989 гг.

Место и год затопления	Глубина в месте затопления, м	Количество затопленных реакторов	Наличие отработавшего ядерного топлива	Состояние затопленных реакторов с точки зрения потенциальной экологической опасности
Залив Абросимова, 1965—1966 гг.	20	8	Не выгружено в трех реакторах	В реакторных отсеках четырех аварийных АПЛ
Залив Цивольки, 1967 г.	50	3	Выгружено	В блоках биологической защиты (сталь, бетон)
Залив Цивольки, 1967 г.	50		Не выгружено	Экранная сборка реактора установки ОК-150 с остатком отработавшего топлива (60 %) в блоке биологической защиты
Новоземельская впадина, 1972 г.	300	1	Не выгружено	В трюме баржи в металлическом контейнере со свинцовой оболочкой
Залив Степового, 1982 г.	50	2*	Не выгружено	В составе аварийной АПЛ
Залив Течений, 1988 г.	40	2	Выгружено	В металлических контейнерах со свинцовой оболочкой
Японское море, 1978 г.	3000	2	Выгружено	В металлических контейнерах со свинцовой оболочкой
Тихий океан (восточнее Камчатки), 1989 г.	2500		Выгружено	Выемной экран реактора АПЛ в металлическом контейнере со свинцовой оболочкой

* Жидкометаллические реакторы.

По последним обобщенным данным¹¹, суммарная активность жидких РАО (без учета аварийных сливов), захороненных с 1960 по 1991 гг. в омывающих Россию морях, составляет 36.1 кКи, средне- и низкоактивных твердых РАО (по эквиваленту ⁹⁰Sr) — 21.6 кКи (табл. 1).

Жидкие РАО с максимальной активностью сбрасывались¹² в 1965, 1975, 1988 и 1989 гг. в районах Баренцева моря (№ 2, 3 и 1 и в Ара-губе — аварийный сброс с атомной подводной лодки): активность 1000, 800, 5300 и 2000 Ки соответственно; в 1975 г. — в Карском море (район № 1): активность 800 Ки (сброс с атомного ледокола «Ленин»); в 1979 и 1986 гг. в Японском море (районы № 9 и 10):

активность 400 и 10200 Ки.

Максимальное количество твердых РАО (по активности) было захоронено в северных морях в 1983 и 1988 гг., в дальневосточных — в 1975 и 1985 гг. В качестве примера в табл. 2 представлены данные о характере захоронений твердых РАО в Карском море в районе архипелага Новая Земля в 1964—1991 гг.

В нарушение положений Лондонской конвенции сброс жидких РАО в море Военно-Морским флотом продолжается и ныне, хотя и в меньших размерах. Так¹³, в 1992 г. в северные моря было сброшено 3066 м³ жидких РАО активностью 18 Ки, в дальневосточные моря — 3580 м³ жидких РАО активностью 10.2 Ки и 2740 м³ твердых РАО активностью 37 Ки.

Мурманское морское пароходство прекратило захоронения в море жидких РАО в 1984 г., твердых РАО — в 1986 г.

¹¹ Белая книга «Факты и проблемы, связанные с захоронением радиоактивных отходов в морях, омывающих территорию Российской Федерации». Администрация Президента РФ. М., 1993.

¹² Атом без грифа «секретно». Точки зрения / Сост. А. Емельяненко и В. Попов. Москва — Берлин, 1992.

¹³ Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1992 г.» // Зеленый мир. 1993. № 23. С. 7.

ЗАХОРОНЕНИЕ АВАРИЙНЫХ РЕАКТОРОВ

Наряду со «стандартными» захоронениями твердых РАО ряд захоронений в период с 1965 по 1988 г. был осуществлен СССР с явным нарушением требований МАГАТЭ (а также и действующих в ВМФ нормативных документов ВСТЗ-66 и ПС-82). Речь идет о захоронениях в мелководных заливах Карского моря у Новой Земли 16 аварийных реакторов с атомных подводных лодок (АПЛ) и атомного ледокола «Ленин», экранной сборки его реактора ОК-150 с остатком отработавшего ядерного топлива, а также двух аварийных реакторов и экранной сборки реактора АПЛ в дальневосточных морях (табл. 3). При этом шесть аварийных реакторов АПЛ захоронены с невыгруженным топливом, так как из них невозможно было извлечь вещество активных зон.

Оценка общей активности захороненных аварийных реакторов (с топливом и без него) весьма затруднена, поскольку требует сведений о режимах эксплуатации каждого реактора за весь период его существования, времени выдержки реактора перед захоронением и т. д. Остаточная активность корпусов реакторов и внутрикорпусного оборудования в основном определяется ^{60}Co ($T_{1/2}=5.27$ года) и ^{55}Fe ($T_{1/2}=2.7$ года). Период полураспада этой смеси изотопов составляет 4.7—5 лет; после 50 лет хранения радиационная опасность будет связана, главным образом, с ^{63}Ni ($T_{1/2}=100$ лет). По разным оценкам, значения остаточной активности корпусов реакторов и внутрикорпусного оборудования в моменты захоронения могут колебаться в очень широких пределах, достигая 30 кКи (не по эквиваленту ^{90}Sr).

Так, захороненный в 1959 г. аварийный реактор американской АПЛ «Си Вульф» имел общую активность в момент затопления около 33 кКи (в основном определяющаяся ^{60}Co), тогда как корпуса двух реакторов, захороненных ВМФ в Японском море в 1978 г., имели активность всего 0.046 кКи. По оценкам специалистов ВМФ, суммарная активность 12 захороненных реакторов (без отработавшего ядерного топлива) в момент захоронения могла составлять величину порядка 100 кКи.

Наибольшую потенциальную опасность представляют затопленные реакторы АПЛ с невыгруженным отработавшим ядерным топливом, содержащим смесь продуктов деления и актиноидов. Для

уменьшения этой опасности перед захоронением производилась консервация аварийных реакторов и реакторных отсеков путем заполнения их полостей твердеющей смесью на основе фурфурола. Экранная сборка реактора атомного ледокола «Ленин», связанная такой смесью, была дополнительно помещена в железобетонный контейнер и металлическую оболочку. Такая консервация реакторов с невыгруженным ядерным топливом должна предотвратить контакт топлива с морской водой в течение нескольких сотен лет¹⁴.

По оценкам специалистов ВМФ, суммарная активность всех затопленных реакторов АПЛ с невыгруженным топливом (в момент захоронения) могла составлять примерно 120 кКи.

Суммарная активность всех РАО, сброшенных и захороненных в морях, омывающих территорию России, оценивается¹⁵ в 325 кКи.

К этим данным необходимо добавить сведения о радиоактивных материалах, попавших в морскую среду в результате аварий и гибели АПЛ с ядерными боеприпасами, аварий искусственных спутников Земли с ядерными реакторами, самолетов — носителей ядерных боеприпасов, а также данные о радиационной аварии на АПЛ в бухте Чажма в 1985 г.

В результате трех аварий на отечественных АПЛ и двух — на американских, аварий объектов — носителей ядерных боеголовок с 1968 по 1989 г. в Мировом океане оказалось девять атомных реакторов и около 50 ядерных боеприпасов.

РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОД И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЯ

По данным японских исследователей, из-за сильной электрохимической коррозии в морской воде (обычно такая коррозия за пять лет «съедает» до 1 мм металла) уже «потекла» водородная бомба, потерянная американцами в 1965 г. в Тихом океане. В результате в морской воде появился плутоний. В районе, где лежат на дне погибшие в те же годы АПЛ «Трешер» (1963 г.) и «Скорпион» (1968 г.), обнаружена радиоактивность. На борту «Скорпиона» находятся, по мнению экспертов, две ядерные торпеды «Астор».

¹⁴ Белая книга «Факты и проблемы, связанные с захоронением радиоактивных отходов в морях, омывающих территорию Российской Федерации».

¹⁵ Там же.

Результаты обследования затонувшей в 1989 г. АПЛ «Комсомолец» показывают, что корпус ядерных ракетоторпед (содержащих ^{239}Pu с активностью порядка 430 Ки) уже начинают терять герметичность. Вымыванию ^{239}Pu препятствует в данный момент лишь бериллиевый экран ядерного заряда и некоторые элементы его конструкции. В ближайшие год-два возможен выход плутония в количествах, достаточных для образования зоны устойчивого загрязнения в районе нахождения АПЛ.

Место, где лежит «Комсомолец», — богатейший рыболовственный район, сезонные течения оттуда направляются попеременно к берегам Кольского п-ва и Норвегии. Загрязнение этого региона Норвежского моря может повлечь за собой сворачивание промысловой деятельности из-за опасности радиоактивного заражения объектов промысла.

По расчетам Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО, г. Мурманск), экономический ущерб от последствий аварии АПЛ «Комсомолец» в течение 1996—2000 гг. может превысить 3500 млрд. руб. (в ценах 1993 г.) для России и 2 млрд. долл. для Норвегии. Помимо экономического ущерба России будет нанесен также значительный политический и моральный урон.

Опасность радиоактивного загрязнения морей связана, главным образом, с возможностью заражения объектов промысла (рыб, моллюсков, ракообразных, иглокожих, водорослей и т. п.) и последующей передачей радионуклидов по пищевым цепям человеку. Существенным может оказаться также повреждающее действие радионуклидов на самих обитателей моря, и в первую очередь на икру, личинок и мальков рыб. Оценивать последствия сбросов РАО в моря следует по опасности не для отдельных особей, а для популяций в целом, т. е. по влиянию на биологическую продуктивность водоемов.

Определение радиоактивных отходов, не подлежащих сбросу в море, подготовленное МАГАТЭ для Лондонской конвенции 1972 г., основано на стремлении обеспечить защиту человека¹⁶. Содержащаяся в документах информация позволяет проводить оценки связей доза—эффект и доза—риск. Однако до сих пор

ни для отдельных обитателей моря, ни для популяций не существует общепринятых предельно допустимых доз.

Радиационно-гигиеническая и радиэкологическая опасность захороненных в море твердых РАО определяется их активностью и радионуклидным составом, состоянием защитных барьеров (степенью герметизации упаковочной тары, скоростью ее коррозии и т. п.). Поскольку подробные сведения о радионуклидном составе отходов и защитных свойствах контейнеров обычно отсутствуют, для оценки последствий захоронений РАО необходимо организовать систему наблюдения и контроля за состоянием захороненных в морях радиоактивных объектов.

В настоящее время нет достаточно полной и надежной информации о состоянии радиационной обстановки непосредственно в местах захоронения твердых РАО в северных и дальневосточных морях. В зоне захоронений практически не проводились и наблюдения по оценке радиэкологических последствий высвобождения радионуклидов из радиоактивных объектов.

Поэтому первоочередная и актуальнейшая задача — организовать и проводить надежный мониторинг в местах, где были захоронены высокоактивные РАО. Такой мониторинг должен включать контроль состояния защитных барьеров, дозовых нагрузок на гидробионтов, а также контроль передачи радионуклидов по пищевым цепям.

ЗАДАЧИ ПО УТИЛИЗАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

С принятием Российской Федерацией обязательств СССР в части соблюдения международных договоренностей и соглашений Лондонская конвенция для России начала действовать в полном объеме. Естественно, что захоронение РАО в морях должно регулироваться принятыми международными нормами. Поэтому необходимо совершенствовать существующую на атомном флоте схему обращения с РАО, чтобы постепенно ограничить, а со временем и полностью отказаться от захоронения отходов в море. Нынешнее состояние технических средств обращения с РАО на флотах не позволяет России немедленно подключиться к мораторию на сбросы РАО (особенно жидких) в моря. Необходим переходный период, в течение которого должны быть решены все вопросы обращения с РАО: их переработки, хранения и захоронения в местах,

¹⁶ Определение и рекомендации для Конвенции по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов.

расположенных на суше. Существующие на флотах хранилища РАО были построены в основном 30—40 лет назад, оборудование и сами объекты давно устарели и не соответствуют действующим нормам по радиационной безопасности, требованиям по охране окружающей среды, современному уровню автоматизации и механизации технологических процессов. Объемы хранилищ совершенно не отвечают современным потребностям, к настоящему времени сооружения Северного и Тихоокеанского флотов, предназначенные для берегового захоронения РАО, полностью загружены. Положение с хранилищами особенно драматично сегодня из-за сложных проблем, связанных с утилизацией АПЛ первого и второго поколений, выведенных из боевого состава ВМФ. На этих АПЛ необходимо выгрузить отработавшее топливо реакторов, провести дезактивацию, снять подлежащее дальнейшему использованию или утилизации оборудование, вырезать реакторный отсек и поместить его в оборудованное место хранения или захоронения.

Уже сейчас на Северном флоте скопилось более 90 подводных лодок с выслужившими срок или непригодными для эксплуатации ядерными реакторами. Хотя планируемый срок отстоя активных зон составляет пять-шесть лет, некоторые установки находятся в этом режиме от 7 до 17 лет. К длительному хранению подготовлено всего шесть реакторных отсеков.

Если интенсифицировать работы по утилизации выведенных из состава действующего флота кораблей с атомными реакторами, неизбежно увеличатся (и существенно) объемы РАО всех видов, подлежащих временному хранению, переработке и захоронению.

Главное в технологической схеме обращения с РАО на флотах — это создать региональные могильники, отвечающие всем требованиям МАГАТЭ, в районах базирования Северного и Тихоокеанского флотов для захоронения твердых (отвержденных) РАО низкого и среднего уровня активности (того, что ранее сбрасывалось в море).

Для переработки всех видов РАО на флотах должны быть созданы береговые комплексы утилизации отходов, в составе которых необходимо предусмотреть:

очистку жидких РАО до уровней ДК_Б;
отверждение отработавших ионно-обменных смол, кубовых остатков, пульпы и зола;

сжигание горючих твердых РАО;
упаковку прессуемых твердых РАО методами холодного и горячего (полимерные материалы) прессования.

Эти меры позволяют существенно — в десятки раз — уменьшить объемы РАО, подлежащие захоронению в региональном могильнике.

Технологические жидкие РАО с расщедоточенных объектов должны перерабатываться на судовых станциях очистки транспортов типа «Амур» (проект № 11510 или 11511), перерабатывающих до 3 тыс. м³ вод (активность до 10² Ки/л) в год.

Типовые схемы обращения с радиоактивными отходами на флотах и объектах Департамента морского транспорта Минтранса России, исключающие сбросы их в моря, разрабатываются в настоящее время головной организацией в России по этим вопросам — Всероссийским научно-исследовательским и проектным институтом энергетической технологии (ВНИПИЭТ)¹⁷.

Первым шагом к сокращению сбросов РАО в моря может быть незамедлительное строительство на флотах дополнительных хранилищ для временного хранения как жидких, так и твердых РАО.

В заключение следует отметить, что все рассмотренные проблемы безопасного захоронения РАО не относятся к разряду неразрешимых. Более того, фундаментальные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по снятию с эксплуатации ядерных энергетических установок и обезвреживанию РАО могут изменить сам подход к решению этих проблем.

В настоящее время наиболее сложно преодолеть финансово-организационные трудности. Поэтому Российская Федерация вряд ли справится одна со столь дорогостоящей задачей. Наличие атомного флота у ряда стран (России, США, КНР, Великобритании, Франции) и 424 АЭС в мире делает целесообразным международное сотрудничество в таких исследованиях с целью защиты среды обитания всего человечества. Для успешной деятельности в этой области необходимо привлечь к участию на взаимовыгодных началах зарубежных партнеров, заинтересованных в такого рода работах и готовых к долевному участию в их финансировании.

¹⁷ Концепция обращения с радиоактивными отходами на объектах ВМФ. Л., 1991.

Похожа ли "речь" молекул ДНК на компьютерные программы?

Б. А. Трубников, П. П. Гаряев



Борис Андреевич Трубников, профессор, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Российского научного центра "Курчатовский институт". Область научных интересов - теория плазмы, гидродинамика, теория излучения. Автор учебника "Введение в теорию плазмы" (ч. I. М., 1969; ч. II. М., 1970; ч. III. М., 1978), монографии "Квазигазовые неустойчивые среды" (М., 1991). В "Природе" опубликовал статью "Закон распределения конкурентов" (1993, N 11).



Петр Петрович Гаряев, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Отдела теоретических проблем РАН. Научные интересы связаны с теоретическими вопросами в области биохимии, молекулярной биологии и генетики. Монография: Волновой геном (М., 1994).

Как ребенок учится читать? Сначала он произносит написанный текст по буквам, потом по слогам и отдельным словам, и, наконец, по целым предложениям. Сейчас биологи овладевают лишь вторым этапом чтения наследственных молекул.

В настоящее время во многих биологических лабораториях мира проводятся исследования по проекту "Геном человека", цель которого - установить всю последовательность звеньев молекулы ДНК. Эта последовательность выглядит как некий разумный текст, поскольку в нем в зашифрованном виде содержится вся информация о наследуемых признаках организма.

Теперь подумаем, правильно ли здесь использовать понятия "информация" и "текст" и есть ли надежда отыскать в этом тексте глаголы, прилагательные, и вообще, состоит ли он из слов, или это что-то иное?

Возможно, что это лишь условные знаки, характеризующие конструкцию молекул ДНК, РНК и белков. Например, рибосома, образно говоря, контактным способом "печатает" белки, пользуясь чертежами матричной РНК (мРНК) и черпая из окружающей среды нужные "материальные краски" - аминокислоты, подтаскиваемые транспортными РНК (тРНК). Спрашивается, передает ли она таким образом информацию белкам или просто рисует запознанные в ней "узоры", вставляя детали в нужные места?

Несомненно, что перепечатка рецептов нужных "материальных узоров" (формы выстраиваемых молекул) здесь

имеет место, но на белки и ферменты при этом возлагаются весьма сложные и многообразные функции. Потоки передаваемой информации столь огромны, что возникает подозрение, не работают ли все участники этой цепи как компьютеры, обменивающиеся "нематериальной" информацией с помощью дискеток.

Примерно до 1980 г. существовали, в частности, компьютеры на магнитных кольцах, которые работали не в непрерывном режиме, а лишь перестраивались при замыкании контакта между какими-либо двумя определенными проводами сети, импульсно сбрасывая порцию нужной информации и сохраняя оставшуюся, пока не востребованную. Вероятно, такие компьютеры могут служить полезным аналогом "стиля" работы и связи наследственных молекул и белков, которые часто действуют не прямым контактом, а "аллостерически", т.е. путем дальнего действия влияний, механизм которых не вполне известен.

Если эта гипотеза окажется справедливой, то ДНК-тексты должны содержать определенные "команды", сходные с командами компьютерных программ, записанных специальными символами в так называемых экзекьютных файлах, смысл которых можно изложить словами человеческой речи.

Ответы на эти вопросы ищут микробиологи и генетики. А цель нашей статьи более проста — мы попытаемся чисто внешне сравнить ДНК-тексты и с компьютерными программами, и с письменной речью человека, предложив ряд приемов для возможной смысловой интерпретации ДНК.

Сформулируем вначале три вопроса, обращенных к читателю.

Можно ли прочесть печатный текст, лишенный всех знаков препинания и пробелов между словами?

Можно ли прочесть такой текст, написанный на неизвестном языке?

Можно ли ответить на второй вопрос, имея в своем распоряжении компьютер с

достаточно большой памятью и быстродействием?

Напомним, что информация о наследуемых признаках всех живых организмов записана в молекулах ДНК в виде последовательности четырех нуклеотидов, которые принято обозначать по первой букве входящих в них азотистых оснований: а — аденин, г — гуанин, т — тимин, с — цитозин. В настоящее время уже известны многие отрывки этого текста, содержащие инструкции о способах построения отдельных деталей живого организма, в частности, разных белков (их в организме примерно 100 тыс.). Например, типичный белок аспаратаминотрансфераза человека (asam) строится по инструкции, записанной в виде 1242 букв:

atggcacctc	cgctcgtctt	tgccgaggtt
ccgcaggccc	agcctgtctt	gtgtctcaag
ctcactgccg	acttcaggga	ggatccggac
ccccgcaagg	tcaaccctggg	agtgggagca
tatcgcacgg	atgactgccca	tccctggggt
ttgccagtag	tgaagaaagt	ggagcagaag
aftgtctaag	acaatagcct	aaatcacagag
tatctgccaa	tccctgggct	ggctgagttc
cggagctgtg	cttctcgtct	tgccttggg
gatgacagcc	cagcactcaa	ggagaagcgg
gtaggagggtg	tgcaatcttt	ggggggaaca
gggtgcacffc	gaattggagc	tgattctta
gcgcgttgt	acaatgggac	aaacaacaag
aacacaccfg	tctatgtatc	ctcaccaacc
tgggagaafc	acaatgctgt	gtttccgct
gctgggttta	aagacattcg	gtcctatcgc
tactgggatg	cagagaagag	aggattggac
ctccagggtc	tcttgaatga	tctggagaat
gctcctgagt	tctccattgt	tgtctccac
ccctgtgcac	acaaccaaac	tgggattgac
ccaactccgg	agcagtgga	gcagattgct
tctgtcatga	agcaccgggt	tctgtccct
ttctttgact	cagccctatca	gggcttcgca
tctggaaacc	tggagagaga	tgcctggggc
atttgcctatt	tgtgtctfca	aggcttcgag
ttcttctgtg	cccagctcct	ctccaagaac
ttcgggctct	acaatgagag	agtcggggaat
ctgactgtgg	tgggaaaga	acctggagac
atcctgcaag	tcccttccca	gatggagaag
atcgctcgga	ttacttggtc	caatcccccc
gcccaggggag	cacgaattgt	ggccagcacc
ctctctaacc	ctgagctctt	tgaggatgg
acaggtaatg	tgaagacaat	ggctgaccgg
attctgacca	tgagatctga	actcagggca
cgactagaag	ccctcaaaac	ccctgggacc
tggaaaccaca	tcactgatca	aattggcatg
ttcagctfca	ctgggttgaa	ccccaaagac
gttgagtatc	tggfcaatga	aaagcacatc
facctgtctg	caagtggctg	aatcaacgtg
agtggctfaa	ccaccaaaaa	tctagattac
gtggccacct	ccatccatga	agcagtcacc
aaaatccagt	ga	

Именно в таком виде, разбитые на десятки и читаемые построчно слева направо, ДНК-тексты приводятся в Банке генов. Здесь "все написано", и надо лишь знать перевод и понять, что все это значит, однако какое значение имеет каждая буква, пока неизвестно.

Рассмотрим теперь некоторые способы "визуализации" генетической информации.

РИСОВАНИЕ ДНК-ИНФОРМАЦИИ

От текстов ДНК "рябит в глазах", и хотя они анализируются, конечно на компьютерах, возникает желание как бы "увидеть" эту информацию целиком. Для этого имеется ряд приемов. Можно, например, нарисовать квадрат¹, расставив по его углам четыре буквы — а, г, т, с; из его центра мысленно провести прямую линию к вершине с первой буквой, начинающей цепь ДНК, и в середине этой линии поставить "точку"; затем эту точку мысленно соединить с вершиной, в которой стоит вторая буква цепи ДНК, и в середине этой линии поставить вторую "точку". И так повторять эту процедуру, ставя на каждом шаге очередную "точку", пока не дойдем до конца цепи ДНК.

Если цепь достаточно (но не слишком) длинна, на рисунке "посев" точек получается не равномерным, а оставляет некоторые "поляны" почти пустыми. Это свидетельствует, что "посев" сделан не случайно, а по инструкции, записанной в цепи ДНК.

Есть и другой прием рисования информации². Заменим в ДНК-тексте белка *asat* буквы а, т, г, с на русские буквы С, Ю, В, З, условно обозначающие стороны света (С — север и т.д.). Затем на листе бумаги "в клетку", словно на карте, стар-

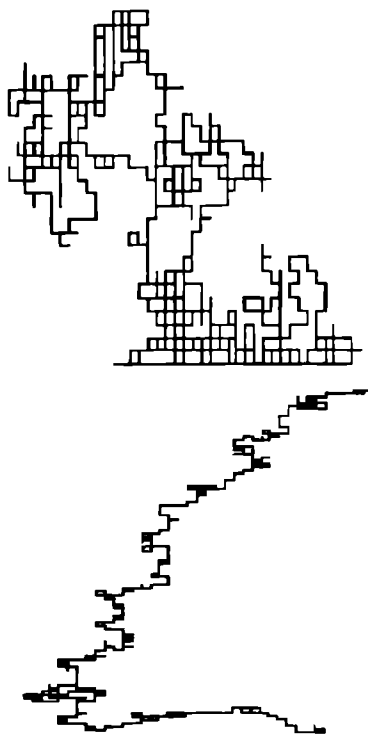


Рис. 1. "СЮВЗ-портреты" двух белков.

туем из центра координат $x=0$, $y=0$, делая один шаг в том "географическом" направлении, которому соответствует очередная встреченная буква. Полный, весьма запутанный "след" и будет давать зрительный образ информации, заложенной в цепи ДНК. Численная программа для компьютера³ дает, например, для белков *asat* и *atinvla* (инволюкрин совиной обезьяны) два таких "СЮВЗ-реалистических" портрета (рис. 1).

Можно предложить и другие приемы рисования информации, в том числе объемного изображения (для компьютера), но в целом разглядывание полученных рисунков дает не так уж много сведений. Общее впечатление сводится к тому, что они сложены из кусков, подобно, например, кучевым облакам. Это косвенно говорит об иерархической структуре инфор-

¹ Королев С. В., Соловьев В. В., Туманян В. Г. Новый метод глобального поиска функциональных участков ДНК с использованием фрактального представления нуклеотидных текстов // Биофизика. 1992. Т.37. № 5. С.837–847.

² Bertelsen C. L., Glazier J. A., Skolnick M. H. Global fractal dimension of human DNA sequences treated as pseudorandom walks // Phys. Rev. A. 1992. V.45. №12. P. 8902–8913.

³ Составлена П. Г. Московкиным.

зом сжимая ДНК, расплетает ее скрученную двойную спираль, на одной из нитей которой путем точного копирования (но с заменой тимина на урацил) и строится про-мРНК — однонитевая цепь матричной РНК данного гена. Как правило, она состоит из чередующихся экзонов (кодирующих последовательностей, которые есть и в ДНК) и интронов. Затем в процессе так называемого сплайсинга (удаления) интроны вырезаются, а оставшиеся экзоны последовательно сшиваются в единую нить мРНК, которая направляется к рибосоме, где ее тройки-кодоны и переводятся в соответствующие аминокислоты.

Интроны вырезаются по имеющимся на них специфическим меткам, а именно: в большинстве случаев интрон в мРНК начинается с пары букв "gu" (в ДНК это "gt"), заканчивается парой "ag", и, кроме того, примерно за 30 букв до его конца располагается метка-тройка "upa" (точка ветвления), где "п" — любая из букв-нуклеотидов а, g, u или с.

Если условно обозначить начало, метку-тройку и конец буквами XYZ, то сплайсинг можно описать следующим образом. Сначала участок X-Y выгибается в петлю, так что весь интрон принимает форму лассо, и между экзонами остается лишь короткий участок Y-Z, но потом и он выбрасывается, и конец экзона сшивается с началом следующего. Эту процедуру осуществляет либо специальный белок сплайсеосома, либо сам интрон в процессе самосплайсинга.

Ясно, что метки X=gu, Y=upa и Z=ag можно рассматривать как слова-команды, обращенные к сплайсеосоме, но столь короткая их запись может встречаться во многих местах текста, где разрезания не должно быть. Поэтому в слова-метки следует включить и соседние с ними буквы, чтобы получились уникальные слова-команды. Отметим, что в ряде работ приведены тройки меток XYZ из 177 интронов растений и 400 интронов животных⁵.

В качестве примера мы составили таблицу, в которой приводим начала и концы интронов в гене куриного коллагена $\alpha 1(6)$ ⁶. Он содержит 34 экзона и 33 интрона между ними, так что здесь имеется 66 мест разрезания (" / "). Условимся по обе стороны от них учитывать такое минимальное число букв, чтобы полученное слово не встречалось внутри экзона этого же гена (табл. 1).

Таблица 1
Начала и концы интронов гена куриного коллагена

.../ интрон/...	.../ интрон/...
...gg/gua-cag/acu...	...ag/gua-cag/gua...
...uggg/gua-gcag/uggc...	...ccug/gua-g-uag/gac...
...auu/gug-gcag/aaag...	...aucg/gug-ccag/ugc...
...au/gua-cag/ccu...	...cgag/gug-ucag/gga...
...ccu/gua-ccag/ggca...	...ag/gua-uag/ggc...
...aag/gugag-gcag/ggac...	...caag/guaa-cag/ggu...
...ag/gua-acag/ggag...	...au/gua-acag/ggaac...
...aag/gugag-gag/gggg...	...gaag/guu-cag/ggu...
...ggg/gug-gcag/ggcag...	...ucug/gua-ucag/gga...
...ag/gua-uag/ggu...	...ugag/gucag-gcag/ggac...
...aag/gug-cucu/uccu...	...ccu/gua-ccag/gggca...
...au/gua-ccag/gga...	...ugau/guga-cag/aac...
...ccg/gua-acag/ggac...	...agau/guga-ucag/gag...
...ugcu/gua-uag/cau...	...ugug/gug-cag/agu...
...gaag/guga-acag/uug...	...aac/gugag-cag/ggc...
...ccg/gua-acag/gug...	...cgag/gug-acag/ag...
...caa/gug-cag/uca...	

В интронах точки ветвления "Y" располагаются примерно за 30 букв до конца "ag" и соответствуют слову "cupac", где п — любая из букв а, g, u, с.

Итак, в некодирующих участках ДНК-текстов есть некоторые комбинации, эквивалентные словам-командам. Посмотрим теперь на участки мРНК, кодирующие белки, т.е. на экзоны.

ПОВТОРЫ В ТЕКСТАХ БЕЛКОВ

После вырезания из про-мРНК интронов мРНК направляется к рибосоме, ко-

⁵ Brown J. W. S. A catalogue of splice junction and putative branch point sequences from plant introns // Nucleic Acids Res. 1986. V.14. № 24. P.9549-9559; Mount S. M. A catalogue of junction sequences // Ibidem. 1982. V.10. P.459-472.

⁶ Walchli C., Koller E., Trueb J., Trueb B. Structural comparison of the genes for alpha 1(VI) and alpha 2(VI) collagen // Eur. J. Biochem. 1992. V.205. P.583-589.

торая строит белок из 20 аминокислот.

Как известно, каждая аминокислота в белке соответствует в мРНК одной или нескольким тройкам букв (кодонам) из набора агус (agtc в ДНК). Полное число возможных троек равно $444 = 64$, но три тройки "не работают" — это стоп-кодоны. Но аминокислот всего 20, а не 64, поэтому код вырожден, т.е. одной аминокислоте может соответствовать несколько кодонов. Эти правила соответствия и называют генетическим кодом (табл. 2).

Таблица 2
Обозначения аминокислот и их коды

Название	Символ	Кодоны
аланин	ala — A	gca gcg gcc gsc
аргинин	arg — R	aga agg cga cgg cgu cgc
аспарагин	asn — N	aau aac
аспартат	asp — D	gau gac
цистеин	cys — C	ugu ugc
глутамин	gln — Q	caa cag
глутамат	glu — E	gaa gag
глицин	gly — G	gga ggg ggu ggc
гистидин	his — H	cau cac
изолейцин	ile — I	aua auu auc
лейцин	leu — L	uaa uug cua cug cuu cuc
лизин	lys — K	aaa aag
метионин	met — M	aug
фенилаланин	phe — F	uuu uuc
пролин	pro — P	cca ccg ccu ccc
серин	ser — S	agu agc uca ucg ucu ucc
треонин	thr — T	aca acg acu acc
триптофан	trp — W	ugg
тирозин	tyr — Y	uac uau
валин	val — V	gua gug guu guc
стоп-кодоны	stop — !	uaa uag uga

После удаления интронов текст мРНК, кодирующий белок, должен содержать число букв, кратное трем, и, встретив очередную тройку, рибосома как бы заменяет ее на соответствующую аминокислоту в белке, синтез которого обрывает стоящий в конце мРНК-текста стоп-кодон (один из трех возможных). Таким образом, текст белка можно записать в 20-буквенной азбуке аминокислот.

В тексте типичного белка, как правило, трудно обнаружить повторы, однако в некоторых белках, например, в аминокислотном тексте "atinyla" — инволюкринна свиной обезьяны⁷ они легко различимы:

⁷ Tseng H., Green H. The Involucrin Gene of the Old Monkey: Origin of Early Region // Mol. Biol. and Evolution. 1989. V.6. № 5. P.460.

```

MSQQHTLPVT  LPPALSQELL  DTVPPPVNTQ
QEQRKQPAAL  PPPCQEVPE  LPVEGPSKHE
EKHMTIVKGA  PEQCEQQQQ  PQEQKLOQQH
WEQDEBHQKA  ENPEQQLKQE  KAQRKQQLQ
GQLEEEKLL  DQQPDHELAK  SDEQLGTTKE
QLLEFPQQE  GQLKCLEQQE  GHLELPEQQE
GQLKCLEQQE  GHQELPEQQE  GQLKHLEQQE
GQLKHLEQQE  GQVKHLEQQE  KQSELPEQQR
GQPKYLEQQE  GQLKHLEEQK  GQLKHLEHKE
GQLELPEQVG  QPKHLEQLEK  QLEHPEQQEG
QLKQLEEQEG  QVKHLEQQEE  QLKHLEQQEG
QPKHPEQLEK  QLEHPEQQEG  QLKQLEEQEG
QVKHLEQQEE  QLKHLEQQEG  QPKHLEQLEK
LEHLEQQEG  QLKHLEQREE  QLELPEQQVG
QSKHLEQEEK  QLEHPEQQEG  QLKHLGKQEA
QLELPEQVGQ  PKHLEQKEKQ  LEHPEQQEGQ
LKQEQEQEGQ  LKGLEQEQEQ  LEQPVFAPAP
GQVQGGQAL  PPKGEVLPV  EQQQQKQEVQ
WQHK I

```

В средней части этого текста, для наглядности разбитого на десятки, 35 раз повторяется 10-буквенная комбинация с некоторыми вариациями, и мы попытались угадать — рассказано ли в этом тексте о "складе деталей" или же о "папке приказов". С этой целью расставим пробелы двумя способами: в первом случае — как для списка 35 сходных веществ, а во втором — как для набора 35 приказов-инструкций. Кроме того, для удобства переведем латинский текст на русский, специально подобрав замену латинских букв-аминокислот на буквы русского алфавита.

В первом случае заменим 13 букв:

E→а, A→б, G→у, Q→м, L→р, K→о, C→х, H→г, P→и, V→н, S→с, R→д, Y→т и тогда получим текст, который разобьем к тому же на введение, середину и заключение:

Введение

M cmmг T pии T pиибрсмарр DT нииии NT
mmамдомибрииихманинаринауисогаог
MTI ноубиамахаммммимамориммг W ам D
аагмоба N иаммрмоаобмдмоимрмумаао
орр D мми D гарбос D амру T ооампра F

Середина

.....иамма	умрохрамма	угриарамма
умрохрамма	угмариамма	умрограмма
умрограмма	умиограмма	омсариаммд
умиотрамма	умрограамо	умрограгма
умрариамм-	умиограмра	омрагнамма
умромраамма	умиограмма	ампрограмма

умиогиамра	омрагиамма	умрограама
умнограмма	амрограмма	умиограма
омраграмма	умрограмда	амраиамми
умсограмаа	омрагиамма	умрогруома
бмраиамми	умиограмаа	омрагиамма
умроиаммаа	умроурамма	

Заклучение

дмраимн F бибиумму I
ммбриоуанрринамммомамм W мго I

Пробелы здесь не играют роли, но во введении и заключении пробелами выделены большие латинские буквы, не встречающиеся в середине и не заменяемые на русские. Не кажется ли читателям, что эта таблица похожа на клавиши программируемого карманного калькулятора (которым, может быть, пользуются проходящие мимо рабочие белки)?

Во втором случае попытаемся прямо истолковать текст белка "atinvla" как компьютерную программу с вложенными циклами (которые в фортране начинаются командой DO — "делай"). Для этого заменим в исходном аминокислотном тексте "atinvla" не 13, а всего лишь четыре латинские буквы на русские: E→и, Q→т, G→о, K→ж и расставим подходящим образом пробелы; в середине получим почти осмысленный текст:

Введение

MS тт HTPVTLPPALS тт LLDTVPPPVNT тт R кт
PAALPPPC тт VPV ио LPV ио PS к H иик HMTIV ко AP
ити C иттт P титк L тт HW ит D ии H тк A и NP итт L
ктик A т R иктт L тот L иежжк LLD тт PDH и LA к SD ит L о
Т китт LL и F.

Середина

P итти от L к C	L итти о HL и L
P итти от L к C	L итти о Hт и L
P итти от L к H	L итти от L к H
L итти от V к H	L итти к тS и L
P иттR от P к Y	L итти от L к H
L итк от L к H	L иHи от L и L
P итV от P к H	L итLi к тL и H
P итти от L к т	L иити от V к H
L итти и тL к H	L итти от P к H
P итLi к тL и H	P итти от L к т
L иити от V к H	L иити ит L к H
L иити от P к H	L итLi к тL и H
L итти от L к H	L итRи и тL и L
P иттV от S к H	L иити к тL и H
P итти от L к H	L окти A тL и L
P итV от P к H	L итти к тL и H
P итти от L к P	т итти от L к о
L итти R тL и т	

Заклучение

PVFAPAP от V т I тт ALPP кои VLLPV
итттктти V т W т H к I

По нашему мнению, это похоже на типичную компьютерную программу, содержащую 35 малых подпрограмм, по которым, возможно, и действует белок.

Для проверки этой версии следовало бы детально проследить, какие именно 35 функций или операций он выполняет. Ясно, однако, что сделать это весьма трудно. Биологи, определившие текст инволюкрина, лишь отмечают наличие этих сходных повторов, смысл которых неясен.

Таким образом, из анализа аминокислотного текста можно сделать три вывода: во-первых, иногда его удается разбить на отдельные слова, предположив, что все они начинаются с какой-то одной комбинации букв-аминокислот (по аналогии с интронами, имеющими в про-мРНК начало "gu"); во-вторых, иногда в этих текстах встречаются мало различающиеся повторы, внешне похожие на отдельные слова или фразы; и, наконец, в ряде случаев внимательное прочтение текста позволяет как бы "на слух" уловить смену "интонации" и выделить в тексте три части — введение, середину и заключение. Это весьма похоже на логическую структуру типичной компьютерной программы, в которой введение содержит определения вычисляемых величин, середина с вложенными циклами — описание способа вычислений, а в заключении указывается, как использовать полученные результаты.

Рассмотрим теперь два примера белковых текстов, выполняющих командную функцию.

ГОМЕОДОМНЫ И ТВР

Биологам известны белки, управляющие начальными стадиями развития многих организмов, начиная с одной оплодотворенной клетки до полного оформления всего тела. В составе таких

белков обнаружен так называемый гомеобокс — короткий фрагмент, участвующий в процессе морфообразования. Мутации в этих фрагментах приводят к аномальному развитию органов, например, на голове мухи вместо антенн могут вырасти ноги.

Используя данные В. Геринга⁸, сравним тексты из 60 аминокислот для пяти гомеодоменов, которые на стадии начальной дифференциации клеток управляют: развитием головы лягушки (1) и головы дрозофилы (2), разделением ее тела на сегменты (3), развитием задних сегментов тела дрозофилы (4) и начальными стадиями развития мышцы (5). (Гомеобоксы белка, управляющие морфообразованием головы лягушки, приведены полностью, а для других даны лишь отличия.)

```

1. BLV HBF Q SQB SFQK GKGLGNIN CB SKQBBB
2.
3. P Q J
4. B Q I
5. P Q A OKT MO

```

ПРОДОЛЖЕНИЕ

```

1. BIG JAI TK EKQ GBFJLRNFCBBML RL LGC
2. A
3. D C A P P P DB
4. M S A K J
5. T M C K C S DF

```

Попытаемся по возможности содержательно интерпретировать тексты как наборы неких команд, снова заменив латинские буквы на русские. При этом учтем, что наиболее длинное слово — "GBFJLRNFCBBM" — это участок гомеодомена, связывающий пептидную цепь этих белков с молекулой ДНК. Образно говоря, здесь "пептид садится верхом на ДНК с целью управления развитием", и поэтому мы "перевели" эти 14 букв-аминокислот как "джк пепти-конные", а шесть остальных просто подобрали. В результате замены 20 букв (A→а, B→н, C→о,

D→х, E→ч, F→к, G→д, H→р, I→л, J→п, K→у, L→е, M→ы, N→и, O→ю, P→г, Q→я, R→т, S→с, T→б) получим следующие "строительно-управленческие команды":

1. нен рнк я сян скяу
— "ду дед илион суя ннин пдпал б"
— учу я днк пепти-конные те едо
(Тут "б"—жаба, а "пдпал"—голова?)

2. нен рнк я сян скяу
— "ду дед илион суя ннин пдпал а"
— учу я днк пепти-конные те едо
(Тут "а"—муха, а "пдпал"—голова?)

3. ген янк я сян скяу
— "ду дед илион спя ннин пхпао а"
— угу г днк пепти-конные ге ехн
(Тут "а"—муха, а "пхпао"—брюхо?)

4. ннн рнк я сян скяу
— "ду дед иляол суя ннин пдыас а"
— учу я днк пепти-конные уе едп
(Тут "а"—муха, а "пдыас"—зад?)

5. ген рня а сян юкуб
— "ду дед илион суы нюнн бдыао у"
— уоу я днк пепти-конные се ехк.

Здесь видна фраза: *Ген РНК, я сам скажу — "Делай (-ду) дед Илион, суя ннин (4 заряда?) под лоб"* — учу я ДНК пепти-конные и те едут..., которую можно рассматривать как вариант передачи смысла этих текстов.

Известны и другие "управленческие" примеры, в частности, так называемые хроногены, определяющие время начала работы генов. Сравнительно недавно установлена пространственная структура ТВР⁹, главного белка, считывающего гены. Приведем его текст (тоже разбитый на части).

Введение:

SPMTPMTPT PATPASES

Первая часть:

SGIVPOL QNIV STVNLGCKLDLKTIALRAR NAE-
YNPKRFAAVIMRIREPKRTA LIF S SGK
MVC TGAK SEEQSRLAARKYARVVQKLGFP

⁸ Геринг В. И. Молекулярные основы развития // В мире науки. 1985. № 12. С.111-121.

⁹ Nikolov D. B. et al. Crystal structure of TF-D TATA-box binding protein // Nature. 1992. V.360. № 6399. P.40-46.

Вторая часть:

KFLDFKI QNMV GSCDVKFPIRLEGLVLTHQQFSS
YEPFLPGLIYRMKPRIVL LIF V SGK VVL TGA
VRAEIVEAFENIYPILKGFRKTT

Установлено, что этот белок работает вместе с присоединяющимися к нему двумя главными "помощниками" — тоже белками, которые непосредственно строят мРНК, считывая гены. Попытаемся "перевести" и этот текст, предполагая, что здесь содержатся команды, предназначенные для "помощников". В тексте ТВР встречаются 19 разных аминокислот (нет буквы W — триптофана); их символы и заменим русскими буквами:

T→ю, G→н, A→а, K→я, S→г, I→и,
V→д, Q→п, L→е, N→т, M→э, E→у, F→м,
R→к, Y→ш, H→с, P→ч, C→ы, D→л.

Здесь не использована русская буква "о", но для "плавности речи" условимся добавлять ее сзади лишь к трем согласным — "г", "д", "м", и тогда для текста ТВР получим такой "перевод":

Введение:

гочэючэюч иочэюч а гоу го

Первая часть:

гоня доч пептид огоюдотен
ы я елэя "ю" и "ае" как-та уш тчяк моэадои
эки кучя к "ю" ае имого гоня эдо
ы юная гоу упгокеа а кяшак додо пэен моча

Вторая часть:

я моел моя и птэдонго ыл до ямочик еу
недоэюс плмог ого шучу е мочне
иш кэи ячки до ее имо догоня додо
е юная дока уишу амрутиш чие я имоэяюю-

Это, конечно, "игра в слова", но на тему предполагаемых функций ТВР. Обнаружено, что его первые 18 букв-аминокислот существенно различны у 10 организмов (кукурузы, картофеля, пшеницы, дрожифилы, человека и др.), тогда как и первые и вторые части текста у них почти одинаковы (подобно гомеодоменам). Поэтому можно предположить, что "введения" — это индивидуальные "имена" организмов (в данном случае "имя человека — "Гоу-го"?).

В этом рассказе ТВР-отец, слегка "картавя", как бы объясняет дочери-помощнице ("юной Гоу") и то, что она должна делать ("Гони, дочь, пептид" — т.е. белок), чтобы построить мРНК, соединяя в нужный момент "ю", "ае" и другие концы соответствующих фрагментов, и как он рад появлению потомка, "намокая", видимо, от слез радости.

Надеемся, читатели простят нам долю юмора в этом "рассказе", но, быть может, он не столь уж и фантастичен?

ПОИСКИ СМЫСЛА

Итак, переведа ДНК-тексты белков на аминокислотный язык, мы сократили их длину в три раза, а введя разделители на "слова", получили почти "читабельные" тексты. Но, конечно, мы не знаем пока смысла ни одного "слова", так как у нас нет двуязычного "розеттского камня", подобному тому, который использовал Ж. Шампольон в 1800 г. для прочтения египетских иероглифов.

И все же он пытался прочесть послания давно исчезнувшей цивилизации, тогда как в нашем случае биологи непосредственно наблюдают результаты деятельности живых белков, работающих по заложенным в них инструкциям. Так что, сравнивая непонятные пока тексты с функциями белков, они когда-нибудь начнут понимать и тексты.

В ожидании этого времени зададимся вопросом — нет ли каких-либо "внешних" признаков, позволяющих отличить разумный текст от неразумного, и чтобы пояснить эту проблему, приведем два примера.

Так, существует компьютерная программа (автор — М. Гринчук, 1991), непрерывно составляющая случайный текст произвольной длины из слов, введенных в память машины, соблюдая при этом правила грамматики и согласования всех членов предложений. Вот образец такой "речи" машины:

Философствует о рабочем лихая онтология. Слышит, глядя на собственность, идеология адепта. Кобра воскресенья вторника! Не продолжай мышью идеализировать себя! Будет желать между гуманистическим полунаивным догматизмом и святыми елями сделать соавторов с догмами толстым призракам истин исполнитель кабанчиков и будет носить призраков без абстракции этим и оптимистическим временам. Объект стипендий, вручающий себя леворадикальным и субъективным интегралам! Позволяй слышать о явлении! Дядя с практикой! Оптимистическим фактом идеализируй характер! Абстрагируя и абстрагируя, выразимое полунаивное явление идеализации будет ходить к жадной смерти с отрядом. Стала знатоками, едя под вертолетом, организация с исполнителем, защитимая.

Разумен ли этот текст? "Нет", — скажет нормальный человек, поскольку, хотя в тексте и может случайно возникнуть содержательная фраза, она не связана ни с предыдущими, ни с последующими. Но на тот же вопрос вычислительная машина, очевидно, ответит "да", поскольку она не знает смысла слов, а в отношении грамматики тут все в порядке. И тем не менее здесь, по крайней мере для человека, слова знакомы.

В качестве второго примера воспроедем с экрана компьютера текст какого-нибудь "эзекьютного" файла, например, такого:

г > @ @@+*11.69:;<=>?@ a @
* , 11° ц ш f j+ ц + @ @ @ 11 11 11
11 т ш | о к ж ю щ ф ь ю щ х т ю
б ж и | ш | 11 = f 11 у t u x z o o
в а в з д н е ж ж ж е е д д ж э к
м м к и е п 11 ; 11 11 { z y u z z x @

По нашему мнению, он похож на тексты белков, но только здесь помимо букв используются и еще некоторые условные знаки, понятные лишь программистам. Этот текст, безусловно, разумен и содержателен, но понять смысл этой записи неспециалисту столь же трудно, как и расшифровать тексты ДНК.

Попробуем, однако, количественно проанализировать внешний вид текстов. Оказывается, некоторые полезные све-

дения можно получить из статистического подсчета повторяемости одинаковых "слов" в тексте. Для этого нам понадобятся несколько простых формул, которые, как мы надеемся, не отпугнут читателя.

В качестве первого критерия сходства ДНК-текстов с обычными текстами следовало бы сравнить статистические законы распределения тех и других "слов" по их длине, т.е. по числу букв в слове. Например, в русском языке длина слова в среднем равна пяти-семи буквам, а отклонения от средней длины приближенно описываются известной формулой Гаусса с экспонентой. Хотя словарь белковых слов еще нет, но, скорее всего, и они будут подчиняться формуле Гаусса, если анализировать сразу много различных белков.

Более показательным могло бы быть сравнение "графиков Ципфа" $N(m)$ для слов в белковых и в обычных текстах. При этом число m указывает, сколько раз встречается какое-либо слово в выбранном для анализа тексте, а N — номер этого слова в их списке, упорядоченном по частоте встречаемости (т.е. в частотном словаре). Анализ зависимости N от m полезен, поскольку в 1949 г. Г.Ципф обнаружил, что для разумных текстов на многих языках мира эта зависимость приближенно описывается формулой $N=A/m$, где A не зависит от m и определяется лишь длиной анализируемого текста¹⁰.

Греческие исследователи, анализируя шестибуквенные фрагменты ДНК-текстов, отметили внешнее подобие графиков частоты присутствия таких фрагментов в ДНК и слов в произведениях греческой прозы¹¹. Неясно, однако, почему фрагменты считаются аналогами слов.

Рассмотрим и мы один пример, но уже для подозреваемых нами слов в

¹⁰ Zipf G. K. Human Behavior and the Principle of Least Effort. Cambridge, Mass. 1949.

¹¹ Nicolis G., Nicolis C., Nicolis J. S. Chaotic Dynamics, Markov Partitions and Zipf's Law // J. Stat. Phys. 1989. V.54. № 3/ 4. P. 915-924; Katsikas A. A., Nicolis J. S. // Nuovo Cimento. 1990. V.12D. № 2. P. 177-195.

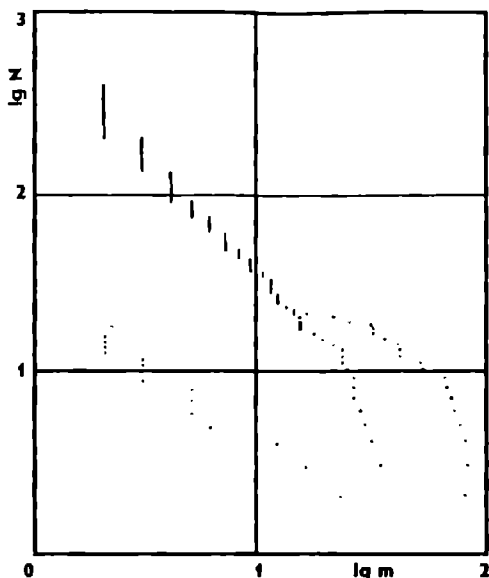


Рис. 2. Зависимости $N(m)$: 1 - для "слов" белка атипва; 2 - для слов данной статьи (без таблиц); 3 - для букв-аминокислот в двух белках (их тексты для экономии места не приведены).

"компьютерном" варианте текста белка атипва, где каждая из 35 "фраз" состоит из четырех слов, содержащих от одной до четырех букв. Это разнообразие, по нашему мнению, должно выражать как бы "стремление" одиночного белка к максимальному разнообразию функций по принципу: если можешь — сделай сам. Используя нашу численную программу ZIPF¹², построим три графика зависимостей $N(m)$ (рис. 2).

"Закон Ципфа" $N = A/m$ должен изображаться прямой, спадающей под углом 45°. График 1 для "слов" белка атипва близок к этому, однако график 3 для букв-аминокислот заметно отличается от прямой, так что по частоте встречаемости аминокислоты не похожи на слова.

Заметим, что на обоих концах "экспериментальных" графиков часто наблюдаются отклонения от "теоретического" за-

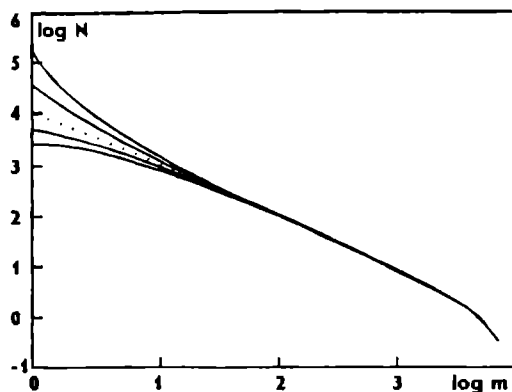


Рис. 3. Семейство кривых Крылова для пяти различных параметров a при одинаковых значениях m^* .

кона $N=A/m$, и чтобы их учесть, можно использовать более общую формулу Крылова

$$N = (A/a) [\exp(a/m) - \exp(a/m^*)]$$

с дополнительными подгоночными параметрами m^* и a (рис. 3).

Более того, приведенные на рис. 2 "экспериментальные" данные 2 имеют вид вертикальных отрезков, получающихся из-за присутствия в тексте разных слов с одинаковыми значениями m . Для полноты описания их следовало бы аппроксимировать двумя огибающими кривыми, проведя одну по верхним концам отрезков, а другую — по нижним. Сравнение рисунков 2 и 3 показывает, что для этой цели подходящими являются две кривые Крылова — с "верхним" значением параметра (a_u) и "нижним" (a_n). Их разность $\Delta a = |a_u - a_n|$ характеризует богатство словарного запаса текста и наличие в нем редкоупотребляемых слов.

Однако отметим, что описываемые формулой Ципфа $N=A/m$ ранговые распределения весьма часто встречаются как в живой, так и в неживой природе¹³. Поэтому построение подобных графиков

¹² Трубников Б. А., Румынский И. А. Простейший вывод закона Ципфа—Крылова для слов и возможность его эволюционной интерпретации // Докл. АН СССР. 1991. Т. 321. Вып. 2. С. 270.

¹³ Трубников Б. А. Закон распределения конкурентов // Природа. 1993. № 11. С. 3—13; Бялко А. В. Конструктивность закона конкуренции // Там же. С. 4—19.

полезно, но могло бы служить лишь косвенным свидетельством в пользу человекоподобности "речи" ДНК и белков.

По мнению авторов, приведенные здесь варианты возможных "пересказов" и интерпретаций кусков ДНК-текстов и аминокислотных текстов белков демонстрируют это сходство в большей степени, чем какие-либо рисунки и графики.

СФОРМУЛИРУЕМ КРАТКО НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ

Вначале напомним основные положения генетики о том, что полный текст ДНК содержит две части — кодирующую (экзоны) и не кодирующую (интроны и межгенные промежутки). После удаления интронов информация, записанная в гене, материально воплощается в белок, который эффективно выполняет свои функции "потому, что он так устроен", и взаимодействует с другими белками по принципу "замок+ключ". Однако известны и некоторые записанные в текстах "нематериальные рецепты" (или команды) типа "know how" — "начать считывание здесь", "свернуть интрон в лассо здесь", "произвести разрезание здесь".

Авторы предполагают, что в текстах могут отыскаться и другие слова-команды. Например, волокна коллагена при одном и том же составе звеньев могут иметь разные длины, и где-то в тексте должен содержаться фрагмент — указатель длины (или времени), т.е. команда "строить от и до", и какие именно действия нужно выполнять при строительстве белка или выполнении им его функций.

Такие команды могут содержаться как в кодирующей, так и в не кодирующей части ДНК. Так, приведенный нами не кодирующий участок текста за концом коллагена $\alpha 1(6)$ имеет "текстоподобный" вид и является либо "мусорной корзиной", либо списком команд, влияющих на

процесс сборки коллагена. Сравнение признаков организмов с разными аппелями может помочь выяснению этого вопроса, однако пока мы не имеем на него ответа.

Можно заметить, что тексты некоторых белков (в частности, полный аминокислотный текст коллагена, не приведенный нами из экономии места) визуально или "по интонации" разбиваются на три части — введение, середину и заключение. Такая структура сходна с логической структурой типичных компьютерных программ, в которых сначала описываются массивы данных, подлежащих определению, затем они вычисляются по определенным рецептам, и, наконец, указывается, как использовать результаты вычислений.

Иногда для явно "управляющих" фрагментов приближенно известно их предназначение (гомеодомены и ТВР). В этих случаях, придерживаясь определенных правил однозначного соответствия букв, можно попытаться превратить текст белков в "рассказ" на тему их предполагаемых функций, и, как надеются авторы, такие попытки могут оказаться не бессмысленными.

В этом случае особенно ценными будут фрагменты со многими повторами, делающими их хотя бы внешне похожими на обычные тексты, где нередки повторные возвраты к обсуждаемым предметам. Например, можно подозревать, что в тексте без пробелов "линеппрысуцисил-рыстидивацисил" два повтора — "рыс" и "цисил" — как-то взаимодействуют либо между собой, либо с окружением (как именно, читатель поймет, прочтя обращенный текст).

Быть может, такие "лингвистические" исследования со временем принесут более определенные плоды?

ГЕОЛОГИЯ НА ПОРОГЕ НОВОЙ НАУЧНОЙ РЕВОЛЮЦИИ?

В настоящее время в науках о Земле наметились существенные перемены, которые, по мнению некоторых специалистов, могут привести к коренному пересмотру господствующих взглядов и появлению новой руководящей концепции геодинамики и эволюции нашей планеты. Мы предлагаем вниманию читателей статьи видных отечественных геологов, обсуждающих складывающееся положение дел.

Парадигмы в геологии

Ю. М. Пуцаровский



Юрий Михайлович Пуцаровский, академик, советник дирекции Геологического института РАН, почетный председатель Межведомственного тектонического комитета, председатель секции геологии, геофизики, геохимии Научного совета РАН по проблемам Мирового океана. Специалист в области общей и региональной тектоники, геологии океана. Лауреат Государственной премии и премии им. А. П. Карпинского.

НАУКИ развиваются таким образом, что на каком-то этапе в них завоевывают широчайшее признание концептуальные схемы, охватывающие круг основных исследуемых ими явлений и процессов. Примерами могут быть теория относительности Эйнштейна или эволюционная теория Дарвина. В истории геологии просматриваются две эпохальные теории: геосинклинальная и теория тектоники литосферных плит. Ко всем подобного рода естественно-научным фундаментальным обобщениям приложимо понятие «парадигма».

ГЕОСИНКЛИНАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ

Геосинклинальная парадигма, которая оказалась удобной для большинства наук о Земле, просуществовала очень продолжительное время, более 100 лет, способствуя развитию этих наук. Но, базирующаяся на геологии континентов, она не смогла вместить в свои рамки появлявшиеся все в большем количестве новые данные, и прежде всего в области геологии океанов. Ее идейная база не смогла воспринять и такой факт, как обнаружение в континентальных блоках фрагментов древней океанической коры, поскольку это неизбежно вело к отказу от примата вертикальных движений в структурном развитии планеты, что было краеугольным камнем геосинклинальной теории.

Сущность ее такова. Структурный каркас земной коры составляют платформенные области и разделяющие их геосинклинальные складчатые пояса. Послед-

ние имеют циклическое развитие. Процесс начинается с крупного прогибания земной коры, обычно с образованием зон проницаемости в мантию, по которым могут подниматься глубинные магматические породы основного (иногда ультраосновного) состава. Это — ранняя стадия геосинклинального развития. Затем начинается длительный процесс внутреннего усложнения первоначально простой структуры. В ней появляется система поднятий — геоантиклиналей и разделяемых ими прогибов, но уже второго порядка. Это — зрелая стадия процесса. Наконец, следует заключительная (орогенная) стадия, когда формируется горное складчатое сооружение, пронизанное гранитоидными телами.

Но пришло время найти место в этой теории высокоподвижным зонам, разделяющим Тихий океан и окружающие его континенты, — так называемым активным континентальным окраинам. Главными структурными формами этих зон на западе, а отчасти и на востоке Пацифики являются островные дуги, сопровождающие их глубоководные желоба и краевые (приматериковые) моря. Имелось твердое общее представление, что геосинклинальное развитие сопровождается мощными проявлениями вулканизма и сейсмичности и характеризуется контрастными тектоническими движениями. Все это в периферических тихоокеанских зонах как будто бы налицо, и потому ничего не оставалось, как отнести их к категории современных геосинклиналей, но особых, потому что они располагаются не между платформенными блоками, а между континентами и океаном. В этом была, конечно, натяжка, так как палеотектонические реконструкции, основанные на геосинклинальной теории, вырисовывали для геосинклинальных зон иные структурные формы, отличный общий тектонический план, непохожие черты развития.

В связи с этим появилась точка зрения, что структурные комплексы активных континентальных окраин — порождение самого последнего этапа развития земной коры, позднекайнозойского, насчитывающего лишь несколько десятков миллионов лет. Прежде ни островных дуг, ни глубоководных желобов на Земле не существовало. Но вскоре эти представления пришлось оставить, так как на материках обнаружались явные признаки и даже фрагменты древних структур подобного рода.

Геосинклинальная теория резко утратила свою «глобальность», когда стали известны главные черты тектоники океанов.

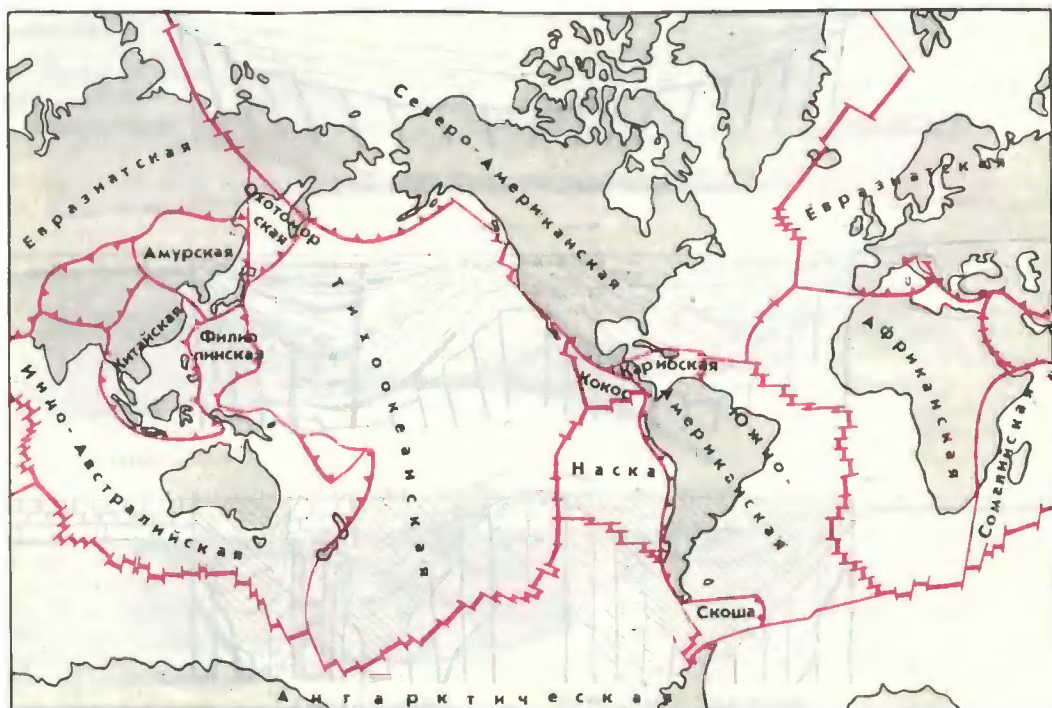
В середине нашего века ни к одному из них приложить ее оказалось фактически невозможно. Хотя она все более ветвилась и усложнялась, приспосабливаясь к потоку новых данных и идей, чувствовалось, что почва из-под ее ног уходит. Сначала появилась мысль, что геосинклинальный процесс — процесс зарождения и развития в земной коре гранитно-метаморфического слоя. А отсюда недалеко было до более широких взглядов на развитие земной коры вообще, обособления в этом процессе океанической, переходной и континентальной стадий. Геосинклинальной теории здесь отводилась фактически уже вторая роль.

Предтечей новых идей явилась интерпретация офиолитовых серий континентов в качестве реликтов океанической коры геологического прошлого. Об офиолитах писали много, в том числе и в «Природе», и сейчас достаточно лишь подчеркнуть, что они действительно имеют много сходства с породами земной коры современных океанических бассейнов. Тем самым появилось основание для обособления океанической стадии развития земной коры. Что касается переходной стадии, то она отождествлялась с «островодужной», а континентальная — с материковой. По своей сути все это учение, разработанное в Геологическом институте РАН (ГИН), имеет мобилистскую основу, в отличие от вертикалистского геосинклинального учения. Оно предполагает два механизма образования континентов. Один из них — столкновение вследствие горизонтального движения континентальных масс друг с другом, с выдавливанием офиолитов в зонах стыка. Другой механизм отражает аккреционный процесс в зоне раздела континент — океан. Континентальный блок наращивается здесь также благодаря горизонтальным движениям, но в них участвуют структурные элементы переходной зоны. Важную роль при этом играют и магматические процессы. По существу, с признания этих положений начался поиск новой тектонической концепции, охватывающей значительно более широкий круг структурообразующих явлений, происходящих в тектоносфере, чем те, что постулируются геосинклинальной теорией. О дальнейшем развитии новой концепции речь пойдет несколько дальше.

А сейчас обратимся к другой парадигме — тектонике литосферных плит.

ТЕКТОНИКА ЛИТОСФЕРНЫХ ПЛИТ

Хотя все шло к тому, что геосинклинальная теория должна сдать свои позиции



Литосферные плиты разных порядков (по Зоненшайну Л. П. и Кузьмину М. И., 1993).

Границы:

-  дивергентные
-  конвергентные
-  трансформные

новой и притом мобилистской теории, тектоника литосферных плит пришла как озарение, сразу связав в стройную систему крупнейшие тектонические, геодинамические и магматические процессы и события. При этом она отталкивалась уже не от континентов, а от океанов. Суть ее хорошо известна. Литосферная оболочка Земли разбита на плиты, которые могут охватывать части океанов и континенты одновременно. Поднимающиеся в срединно-океанических хребтах глубинные массы (Мировая рифтовая система) по закону спрединга раздвигаются в обе стороны от них и затем движутся как тонкие жесткие плитные конструкции на огромные расстояния до глубоководных окраинно-океанических желобов, где погружаются в мантию. При этом рисуется глобальный конвейерный механизм, в основе которого лежит

идея глобальной же конвекции. Число плит у разных исследователей разное. Первоначально их было шесть, затем девять, позднее — несколько десятков, причем стали выделять микроплиты и даже наноплиты. Это свидетельствует об усложнении теории, ее ветвлении, развитии. Окончательная формула тектоники плит была найдена еще в 1968 г., т. е. теория существует уже около 30 лет. Главный вклад был сделан американскими и французскими учеными, кстати, внесшими в геологическую теорию солидное физико-математическое начало, чего раньше не было.

Идейная основа тектоники литосферных плит была воспринята в мире настолько быстро, что объяснить это можно только неудовлетворенностью абсолютно господствовавшей до того геосинклинальной теорией, которая, как сейчас видно, к 60-м годам явно устарела. Так или иначе, но на глазах многих из нас в геологии произошла смена парадигмы, вторая за всю историю этой науки, что, конечно, факт феноменальный.

Парадигма тектоники плит почти не утратила своих позиций и в настоящее время, однако уже несомненно, что в нее вписывается отнюдь не все, с чем имеет дело современная тектоника, а также геофизика, петрология и геохимия.

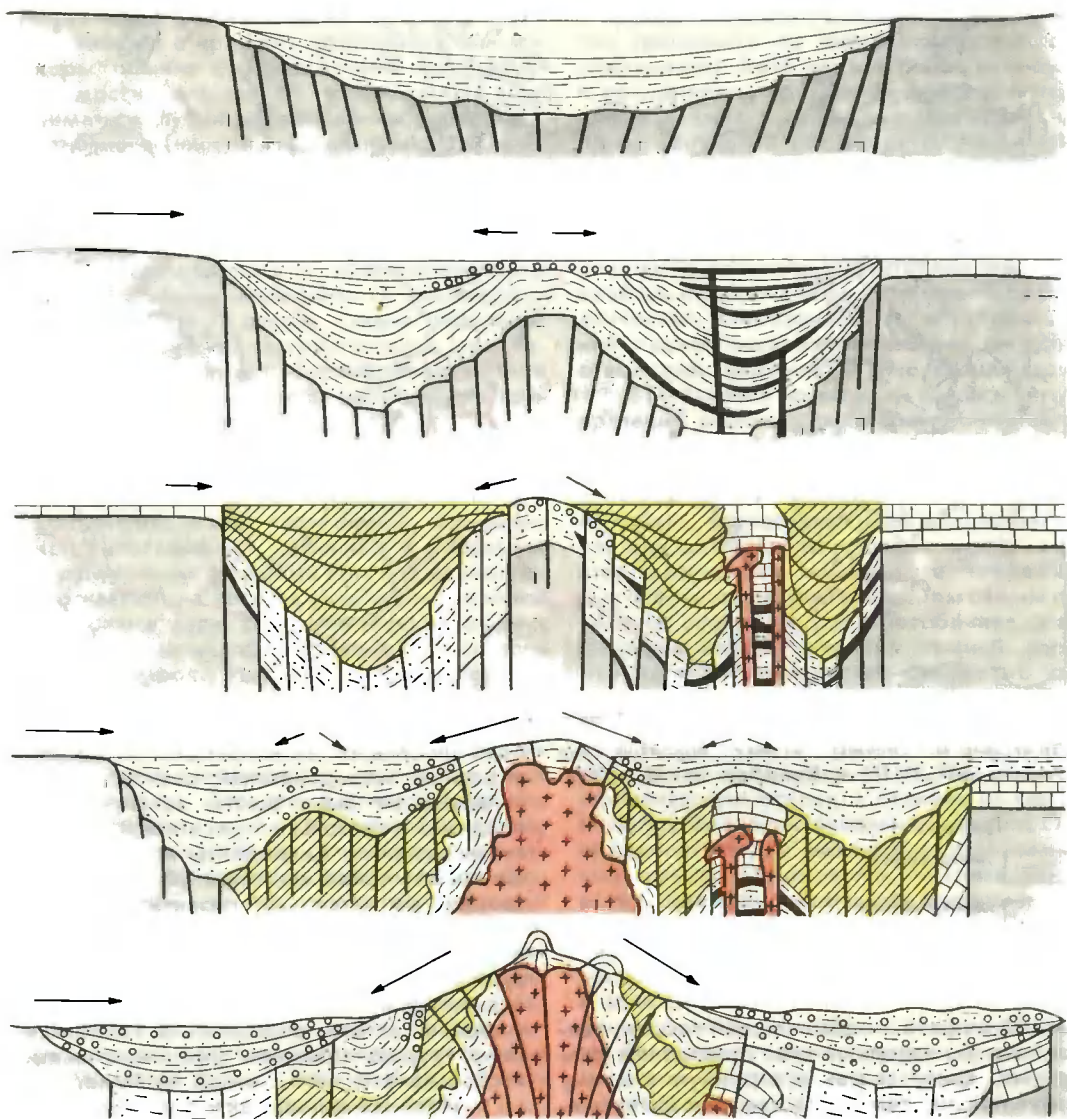


Схема развития геосинклинальной системы (по Хашину В. Е., 1964) от начальной стадии до заключительной (сверху вниз). Направление сноса показано стрелками, длина которых отражает его относительную интенсивность. На этой схеме наглядно иллюстрируется «вертикалистская тектоника», являющаяся основой геосинклинальной теории.

-  Фундамент
-  Конгломераты
-  Песчаники и алевролиты
-  Глины

-  Известняки
-  Флиш
-  Разрывные нарушения
-  Излияния и пластовые интрузии основных пород
-  Граниты и плагнограниты
-  Вулканические образования
-  Направление и относительная интенсивность сноса

РАННЯЯ ЮРА

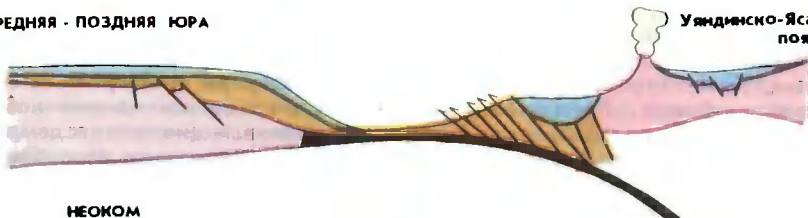
Северо-Азиатский
кратон

ЮЗ

СВ



СРЕДНЯЯ - ПОЗДНЯЯ ЮРА

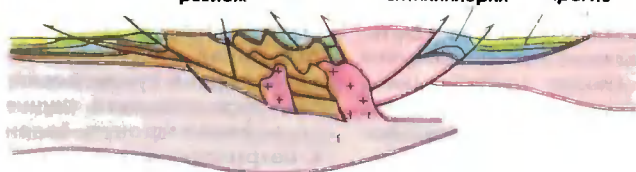
Уяндинско-Ясачинский
пояс

НЕОКОМ

Кулар-Нерский террейм Ильяли-Дебинский синклиниорий



ПОЗДНИЙ МЕЛ

Адыча-Тарынский
разломИлий-Тасский
антиклинорийЗырянский
прогиб

МИОЦЕН - АНТРОПОГЕН

Момский рифт

вулкан
Балаган-Тас

Пример мобилистского подхода к развитию тектонических покровно-складчатых ансамблей (по Парфенову Л. М.). Разрезы иллюстрируют тектоническое развитие региона, расположенного к востоку от Верхоянья (от раннеюрского времени до антропогена). Наглядно отображен процесс тектонического расслоения земной коры, связанного с горизонтальным сближением и столкновением разнородных литосферных масс.

- | | |
|--|--------------------------------------|
| | Докембрий, нижний и средний палеозой |
| | Нижний и средний палеозой |
| | Граниты |
| | Верхний палеозой, триас, нижняя юра |
| | Океаническая кора |
| | Средняя - верхняя юра |
| | Нижний мел |
| | Разломы |

Если говорить о тектонике, то в первую очередь нужно отметить такой феномен, как тектоническая расслоенность литосферы: ее слагают не цельные жесткие плиты-моноклиты, а сложные структурные ансамбли, образованные сериями сорванных и надвинутых друг на друга по пологим поверхностям литосферных пластин, испытывавших при этом более или менее значительные деформации. Основу этого открытия составил пересмотр прежних трактовок строения таких крупнейших горных сооружений, как Кавказ, Урал, Тянь-Шань, Памир, Алтае-Саянская область, Корякское нагорье и ряд других, в результате новых обширных исследований. Все эти сооружения, которые считались складчатыми, «превратились» в покровно-складчатые: оказалось, что во многих случаях они сорваны и далеко удалены от своих корней. В итоге в ГИНе и появилось новое в теоретической тектонике и вполне законченное учение о тектонической расслоенности литосферы.

Тектоническая расслоенность при этом была обнаружена также в литосфере океанов, в этих якобы «жестких моноклитных и тектонически пассивных» плитах. Если стоять на чисто плиттектонических позициях, то о такой расслоенности можно сказать лишь одно: этого не может быть. Тем не менее это явление существует, его уже, судя по недавним публикациям, начали замечать и зарубежные исследователи. Приведу несколько примеров, поскольку вопрос имеет принципиальное значение. Одна из публикаций относится к бескорневой Лахланской покровно-складчатой системе, находящейся на востоке Австралии¹. Ее автор констатирует, что плиттектоническая модель, которую 20 лет «прикладывали» к Лахланской системе, не способна объяснить ее строение. В то же время концепция «деламинации» (расслоенности) оказалась здесь вполне подходящей. Нашим же геологам удалось объяснить структуру подобных крупнейших горных сооружений бывшего СССР еще 20 лет назад.

Другой пример относится к современной океанской литосфере. Первые наши публикации о ее тектонической расслоенности имеют 15-летнюю давность. Публикации зарубежных исследователей относятся к 90-м годам. В одной из них описывается сбросо-надвиговая структура в Центрально-Индийской котловине, со-

рванная и смещенная примерно по поверхности Мохоровичича². Аналогичная структура обнаружена отечественными геологами и в котловине Гаттераса (запад Центральной Атлантики). Впоследствии она была детально изучена в экспедиции специалистов из объединения «Южморгеология».

Итак, феномен тектонической расслоенности литосферы на континентах и в океанах трудно объяснить с помощью плиттектонической модели, равно как и факт обнаружения множества астеносферных зон в литосфере, к тому же прерывистых. Эти слои и линзы пониженной вязкости, устанавливающиеся методами сейсморазведки, потенциально способны служить поверхностями горизонтального тектонического срыва. Между тем плиттектоника постулирует присутствие под литосферой одной глобальной астеносферы, по которой и движутся плиты. Но если в литосфере слоев и линз пониженной вязкости несколько, то о какой сплошной астеносфере, являющейся, по модели, необходимым условием плитного движения, можно говорить? Отсюда, замечу, развернувшаяся дискуссия по поводу нижней границы литосферы, которая и поныне не определена. Наоборот, множественность фиксируемых в астеносфере границ определенно свидетельствует о тектоническом расслоении литосферы и существовании в ней ансамблей тектонического скупивания.

Если затронуть явления, относящиеся к петрологии и геохимии, то новым здесь оказывается латеральная (пространственная) вещественная неоднородность океанских литосферных масс, которая совершенно не принималась в расчет при разработке плиттектоники. Поэтому ее сторонникам и пришлось прибегнуть к такому понятию, как внутриплитный магматизм, связав его с локальными «горячими точками» или даже «горячими пятнами», достигающими громадных размеров и имеющими глубокие мантийные корни. Но это уже отход от строгих линейных канонов тектономагматических схем в океанах, составляющих каркас тектоники плит.

Особенно существенные результаты в изучении этой неоднородности принесли исследования по отечественным проектам «Литос» и «Глубинные геосферы» программы «Мировой океан». Благодаря им в океанах обнаружены магматические провинции разных порядков, относящиеся как к ба-

¹ Collins W. J. // *Geology*. 1994. V. 22. № 2. P. 143—146.

² Bull J. M. // *Tectonophysics*. 1990. V. 184. № 2. P. 213—228.

зальтам, так и ультраосновным породам. Связываются они с гетерогенностью мантийных источников, а также с разной глубиной зарождения магматических масс. Естественно, что это — доказательства большой сложности геодинамических процессов в литосфере и, безусловно, в более глубоких частях мантии Земли, а вовсе не вещественной однородности плит, состав которых (базальты) в рамках плеттектоники представлялся такой же глобальной константой, как состав атмосферы или морской воды.

Можно было бы привести и немало других примеров, свидетельствующих, что парадигма тектоники литосферных плит, подобно ее предшественнице, не столь всеобъемлюща и совершенна, как считают ее ортодоксальные приверженцы.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ

К настоящему времени обнаружилось уже несколько новых подходов к кардинальным проблемам тектоники и геодинамики. Некоторые из них в дальнейшем должны послужить созданию новой и более адекватной общегеологической парадигмы. А такая парадигма непременно будет создана, и, судя по сегодняшней ситуации, в не столь отдаленное время.

Не имея возможности коснуться всех высказываемых идей и концепций, остановлюсь только на наиболее, как мне кажется, оригинальных и перспективных.

Начну с нового направления, в котором работаю сам, — нелинейной геодинамики. Только недавно в геологии стали говорить о геосферах и Земле в целом как об открытых системах, с диссипативными процессами, бифуркациями в развитии, отклонениями от ньютоновской механики и т. п. Ранее все казалось запрограммированным, связанным строгими линейными закономерностями. Брешь в таких представлениях начали пробивать отечественные исследователи. В 1981 г. О. Л. Кузнецов выступил с идеями о нелинейной геофизике. В 1983 г. появилась книга А. Д. Щеглова и И. Н. Говорова «Нелинейная металлогения и глубины Земли». Затем, в 1986 г. — «Проблемы нелинейной сейсмики» (под редакцией А. В. Николаева и И. Н. Галкина).

Из новейших публикаций наиболее фундаментальным изданием является монография Ф. А. Летникова «Синергетика геологических систем», опубликованная в 1992 г.

Собственно нелинейная геодинамика в качестве самостоятельной области науки

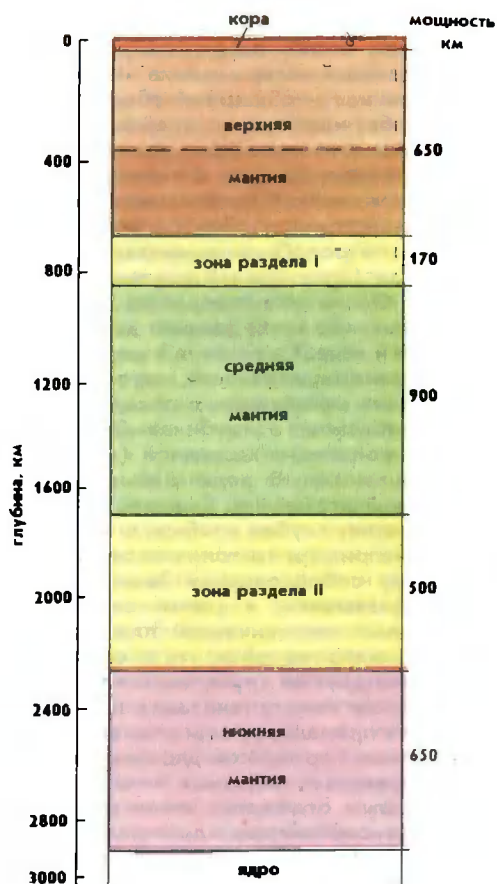
была обособлена в 1990 г.³ После дальнейшей серии статей на эту тему, в 1994 г. под редакцией автора вышла «Нелинейная геодинамика» — обширный сборник, в котором обсуждаются нелинейные аспекты в тектонике, петрологии, геохимии, геофизике, нефтегеологии и планетологии.

К нелинейной геодинамике мы подошли эмпирически. Первоосновой были данные о петролого-геохимических неоднородностях (провинциях) океанических базальтов. О них уже говорилось. Здесь отмечу лишь, что исследования этих неоднородностей навели на мысль о разнородности, разномасштабности, нерегулярности проявления конвективных процессов (тепломассопотоков) в глубинах Земли. Появилось понятие о каскадной (многоярусной) конвекции. В ходе дальнейших исследований этот вывод был распространен на энергетику глубин вообще, с чем связывается, например, тектоническое несходство между собой океанов Земли, прежде не замечавшееся, а равно весь неупорядоченный тектонический план планеты. Сейчас можно говорить, что океаны так же не похожи друг на друга, как и континенты. Структурная самоорганизация каждого из них после предшествующих перестроенных геосферных процессов происходила по индивидуальным линиям.

Лишь в отдельные эпохи геодинамическая самоорганизация достигала глобальных масштабов, но даже и в это время геосферы оставались открытыми системами, откуда и неповторимость геологических (структурных, магматических и пр.) сочетаний.

Ярчайшим отражением неодинаковости глобальной энергетики является тектоническая асимметрия Земли, разделение ее на Тихоокеанический и Индо-Атлантический тектонические сегменты. Эта асимметрия существует по крайней мере 1.5 млрд. лет, хотя на самом деле она, как представляется, много древнее. Нелинейная геодинамика свойственна каждому из упомянутых сегментов. Развитие материковых областей, во всей прихотливости этого процесса, связано с Индо-Атлантическим сегментом. Тихоокеанский сегмент, наоборот, перманентно представлял собой область саморазвития океанической коры. По крайней мере, нет никаких данных о том, что на его месте когда-либо существовали

³ Пущаровский Ю. М., Новиков В. Л., Савельев А. А., Фадеев В. Е. // Геотектоника. 1990. № 5. С. 3—8.



Разрез мантии Земли по данным сейсмической томографии. Величина отклонений в мощностях $\pm 10\%$.

континенты. Впрочем, это совсем не значит, что границы океана в пространстве были постоянными. Они менялись так же, как и его внутренняя структура. Это последнее иллюстрируется хотя бы примером появления огромного тектонического новообразования в океане в кайнозойскую эру — Восточно-Тихоокеанского поднятия, определившего важнейшую черту в современном тектоническом плане Пацифики. До кайнозоя на месте этого поднятия была какая-то иная океанская структура, черты которой почти стерлись. С точки зрения нелинейной геодинамики это вполне естественно, поскольку даже незначительные вмешательства в неравновесные системы, какими являются геосферы, могут вызвать крупнейшие структурные и иные перестройки и новообразования.

В сущности, нелинейные геодинамические эффекты проявляются на всех уровнях

коры и мантии Земли, отражая энергетический дисбаланс, вызываемый сложными и неупорядоченными эндогенными процессами, с одной стороны, и воздействием на планету внешних факторов — с другой. Представляется, что сказанное достаточно существенно, чтобы войти в будущую общегеологическую теорию.

Еще один новый подход открывают данные глобальной сейсмической томографии — в высшей степени успешно работают в этой области американские сейсмологи А. Дзевонски, Д. Вудхауз и другие. Недавно и в Японии появилась очень интересная публикация на эту тему¹, в которой помещено 14 карт, отражающих латеральные неоднородности в мантии Земли между глубинами 78.1—2900 км.

Обстановки от одного уровня к другому меняются, но все же их можно объединить в несколько групп. Одна из них охватывает верхнюю мантию до глубины примерно в 350 км; другая — нижнюю часть верхней мантии, примерно до 650 км. Большой пестротой отличается следующий интервал — до 800 км. Глубже — до 1700 км — снова не очень контрастная картина. Но еще ниже — до 2250 км — пестрота и контрастность существенно возрастают, а затем вплоть до 2900 км они снова несколько снижаются. Выделяется, таким образом, шесть сейсмотомографических геосфер, каждая со своей геодинамической спецификой, хотя в то же время особенности присущи и каждому из 14 отображенных уровней в отдельности. Иными словами, все неоднородно, но все же просматривается известная глубинная самоорганизация, позволяющая, хотя и с долей условности, выделять сейсмотомографические геосферы. Для геодинамических построений очень существенно отметить сквозное постоянство (вплоть до ядра), намечающееся в Тихоокеанской области.

На основе всех этих данных разрез мантии можно представить в следующем виде. Верхнюю мантию толщиной около 650 км образуют две верхние геосферы, довольно резко сменяющие друг друга. Глубже лежит геосфера раздела верхней и средней мантий толщиной 170 км. Далее следует геосфера средней мантии мощностью 900 км. Затем снова 500-километровая геосфера раздела, а ниже — геосфера нижней мантии толщиной в 650 км.

До сих пор представления были со-

¹ J. of the Geol. Soc. of Japan. 1994. V. 100. № 1.

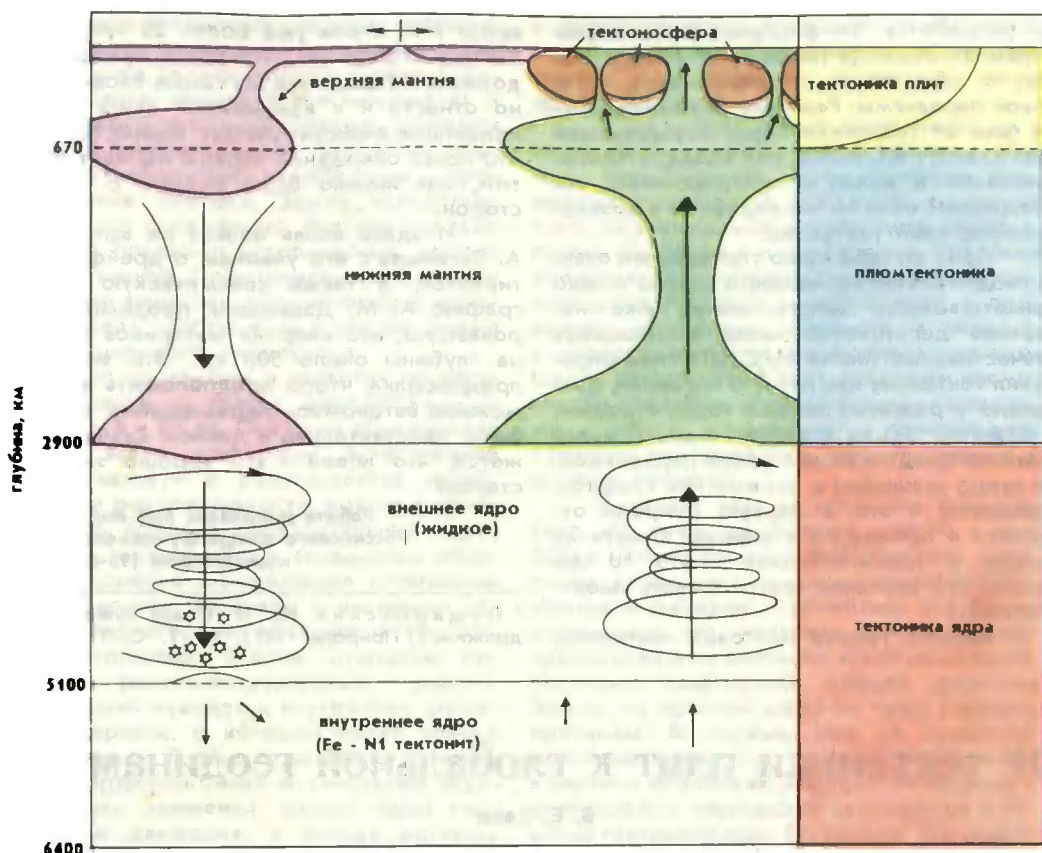


Схема глубинного строения Земли (по Маруяма С., 1994). Обособливаются три главные геосферы: ядро, плюмтектоника (мантийного диапиризма) и плитовая тектоника. Стрелками показано движение вещества.

всем иные: выделяли лишь верхнюю и нижнюю мантию. Новые представления предполагают и новый подход к физике Земли, без которого общегеологическую теорию в наше время нельзя представить. Отмечу, что представление о сейсмографических геосферах легко увязывается с упоминавшимися выше представлениями относительно каскадной мантийной конвекции.

Наконец, новым подходом к глобальной геологии является идея, развиваемая японскими исследователями. В объеме земного шара они выделяют три сменяющие друг друга по радиусу типа тектоники: плитотектонику (Plate Tectonics) — до 670 км, плюмтектонику (Plume Tectonics), охватывающую остальную мантию, и тектонику ядра, которую они назвали тектоникой роста (Growth Tectonics). Эта публикация начинается утверждением, что наступает революционный этап в глобальной гео-

логии — третья идейная волна. Первой, по их мнению, была теория дрейфа материков А. Вегенера (1912), второй — тектоника литосферных плит, истоки которой (теория спрединга) относятся к 1961—1962 гг. Кстати, в отношении последней в этой публикации говорится, что существует много факторов, которые невозможно вписать в плитотектонику в принципе. Более того, утверждается, что действительная история Земли, уже познанная и которая будет познана, лежит за ее рамками. Публикация соответствует и названа: «На путях к новой парадигме динамики Земли»⁵. По новой модели, плитотектоника поставляет холодный материал в область плюмтектоники, проникающий вплоть до ядра (процесс даунвеллинга). Наоборот, от ядра через область плюмтектоники поднимается горячий материал (суперапвеллинг), индуцирующий тектонику плит.

В конечном счете мысль направлена

⁵ Maruyama S., Kumazawa M., Kawakami S. Towards a new paradigm on the Earth's dynamics // Ibid. P. 1—3.

на разработку унифицированной теории динамики Земли (а также родственных планет, о чем авторы также пишут), т. е. новой парадигмы. Развитие динамики Земли шло от тектоники ядра, охватывавшей всю планету 4.6 млрд. лет назад, к плюм-тектонике и далее с прогрессивным сокращением объема последней — к возникновению плиттектоники.

Саму по себе идею глобального охвата геодинамических явлений можно только приветствовать. Действительно, уже несколько десятилетий назад выдающийся отечественный геолог Н. С. Шатский определил тектонику как науку о строении, движении и развитии земной коры, строении и развитии Земли в целом. Однако новая гипотеза вряд ли станет новой парадигмой. Ее схема динамики и кинематики слишком упрощена, и это в первую очередь относится к процессам в мантии. Свести их только к плюмтектонике — это то же самое, что центром всего сделать плиттектонику.

Касаясь теории плитовой тектоники,

автор этих строк уже более 20 лет назад писал в «Природе», что поиск нужно продолжить⁶. Теперь эти же самые слова можно отнести и к изложенной здесь новой концепции японских ученых. Важно, однако, что поиск очередной парадигмы идет, притом, как можно было видеть, с разных сторон.

И здесь вновь нельзя не вспомнить А. Вегенера с его учением о дрейфе континентов, а также сейсмическую томографию А. М. Дзевонски, продемонстрировавшую, что «корни» материков уходят на глубины около 500 км. Это хорошая предпосылка, чтобы предположить их возможное автономное перемещение. Может быть, действительно в данном случае окажется, что новое — это хорошо забытое старое?

Работа выполнена при поддержке
Российского фонда фундаментальных
исследований (93-05-9748).

⁶ Пуцаровский Ю. М. Поиск нужно продолжить // Природа. 1972. № 7. С. 116—119.

От тектоники плит к глобальной геодинамике

В. Е. Хаин



Виктор Ефимович Хаин, академик, главный научный сотрудник Института литосферы РАН, профессор кафедры динамической геологии Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, специалист в области общей и региональной геотектоники. Председатель комиссии по международным тектоническим картам. Лауреат Государственной премии.

ГЕОЛОГИЯ за 200 лет своей научной истории пережила несколько коренных переломов, которые вполне могут быть отнесены к разряду научных революций¹.

Первая из них, приходящаяся на самое начало XIX в., совпадает со становлением научной геологии; в ее основе лежало открытие биостратиграфического метода определения относительного возраста слоев горных пород по заключенным в них органическим остаткам. На базе этого метода была разработана относительная геохронологическая шкала фанерозоя, т. е. для последних 600 млн. лет истории Земли, открывшая путь к составлению геологических карт. В это же время оформилась первая научная гипотеза складко- и горообразования — гипотеза кратеров поднятия.

© Хаин В. Е. От тектоники плит к глобальной геодинамике.

¹ Хаин В. Е. О научных революциях в геологии // Вопр. истории естествознания и техники. 1990. № 4. С. 119—122.

Вторая революция в истории геологии произошла в середине того же века в связи с появлением эволюционного учения Лайеля — Дарвина, учения о геосинклиналях и платформах и со сменой гипотезы кратеров поднятия контракционной гипотезой, объяснявшей деформации земной коры и горообразование сжатием Земли вследствие ее векового охлаждения. Все это сделало геологию подлинно исторической, эволюционной наукой. Принципиальное значение в изучении вещества горных пород и минералов имело изобретение в это же время поляризационного микроскопа.

Ярко проявилась в развитии геологической науки и третья революция — на рубеже XIX и XX вв. Она была обусловлена прежде всего открытием естественной радиоактивности и рентгеновских лучей. Открытие радиоактивности, вместе с обнаружением крупных горизонтальных перемещений горных масс в складчатых областях, подорвало монопольное положение контракционной гипотезы и заставило искать альтернативные объяснения процессам тектогенеза. Второе открытие породило рентгеноструктурный анализ, позволивший «увидеть» внутреннее строение минералов, о котором ранее только догадывались. В 30-е годы XX в. в тектонике утвердилось течение, считавшее ведущим типом движений земной коры вертикальные движения, в основе которых лежали процессы дифференциации вещества мантии Земли. Оно получило название фиксизма, ибо признавало постоянно фиксированным положение блоков коры относительно подстилающей мантии.

Стремительно нараставшая после второй мировой войны волна открытий, прежде всего в области изучения строения ложа океанов, а также в различных направлениях геофизики — в сейсмологии, земном магнетизме (открытие палеомагнетизма и явления периодических инверсий магнитного поля), смела, казалось бы, прочно утвердившуюся фиксистскую парадигму и привела к становлению в 60-е годы новой, противоположной ей мобилистской концепции, получившей название тектоники плит. Один из основоположников последней, канадский геофизик Дж. Т. Вилсон, первым правильно оценил значение этого события, провозгласив его в 1968 г. революцией в науках о Земле. Это утверждение немедленно встретило резкие возражения другого крупнейшего ученого — русского геолога В. В. Белоусова, одного из главных проponentов фиксистской парадигмы. Автору этих строк довелось принять участие

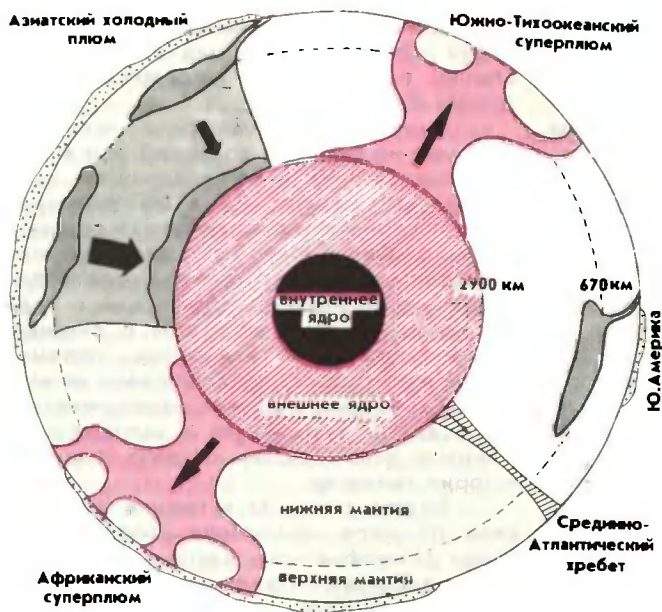
в развернувшейся полемике, опубликовав ровно четверть века назад в «Природе» статью, в которой он поддержал точку зрения Вилсона².

В настоящее время практически ни у кого уже не вызывает сомнений, что в 60-е годы геологическая наука пережила подлинную революцию. Сама же тектоника плит, первоначально встреченная со скепсисом, особенно в нашей стране, получила убедительное подтверждение в ходе глубоководного бурения и наблюдений с подводных спускаемых аппаратов в океанах, в непосредственных измерениях перемещений литосферных плит методами космической геодезии, в данных палеомагнетизма и других материалах и превратилась в первую действительно научную теорию в истории геологии.

Вместе с тем за истекшие четверть века, по мере накопления нового и все более разнообразного фактического материала, добытого с помощью новых инструментов и методов, становилось все более очевидным, что тектоника плит не может претендовать на значение всеобъемлющей, подлинно глобальной модели развития Земли, по крайней мере по трем главным причинам. Во-первых, она, по существу, описывает процессы, происходящие лишь в верхних оболочках Земли — литосфере и астеносфере, нередко объединяемых в понятие тектоносферы. Во-вторых, это описание является чисто кинематическим, не раскрывает существа сил, вызывающих перемещение плит, а ограничивается общим указанием, что их причиной служит конвекция в мантии Земли. В-третьих, данные исторической геологии, касающиеся континентов, позволяют утверждать, что в своей современной форме и в полном масштабе тектоника плит действовала лишь в течение последнего миллиарда лет истории Земли, т. е. с позднего протерозоя. Существующие указания на ее более ранние проявления заслуживают внимания, но подлежат уточнению и конкретизации, особенно для архея.

В концепции тектоники плит обнаруживаются и другие пробелы. Одним из наиболее заметных является отсутствие объяснения внутриплитных деформаций, и особенно магнетизма. Последний пробел был подмечен уже почти с самого начала разработки концепции, и для его восполнения тем же Дж. Т. Вилсоном, а также У. Дж. Морганом была предложена гипо-

² Хайн В. Е. Происходит ли научная революция в геологии // Природа. 1970. № 1. С. 7—19.



Модель основной материальной и тепловой конвекции в современной Земле (по Маруяме С., 1994).

теза восходящих магнитных струй—плюмов и их проекции на земную поверхность — горячих точек. Принятие этой гипотезы означало признание одновременного действия в глубоких недрах Земли двух независимых процессов: с одной стороны, конвективного круговорота тепла и вещества, с другой — адвективного теплопереноса. Вопрос о взаимодействии этих процессов оставался открытым.

Уже в 1989 г. автор этой статьи выступил с кратким сообщением, в котором указал, что подлинно глобальная геодинамическая модель должна основываться, во-первых, на факте многослойного оболочечного строения Земли, во-вторых, на относительной независимости процессов, протекающих в каждой из оболочек, и, в-третьих, на их взаимодействии³. В статьях, посвященных современному состоянию тектоники плит, мне пришлось подчеркивать, что на смену тектонике плит, при сохранении значения ее основополагающих принципов, неизбежно должна прийти более общая теория Земли.

Сейчас появились основания считать, что этот момент очередной смены парадигм уже наступил или, во всяком случае, наступает.

Что же произошло? Несколько месяцев назад вышел из печати первый номер юбилейного, 100-го тома журнала Японского геологического общества, в котором напечатана (на английском языке) подборка статей ряда японских геологов и геофизиков по коренным вопросам геодинамики⁴. Вступительная статья сборника названа авторами «К новой парадигме динамики Земли», а заключительная и более обстоятельная — «Глобальная тектоника». Как будет показано дальше, оба эти заглавия нельзя считать излишне претенциозными; мы увидим, что они вполне отвечают содержанию этих и других статей сборника.

НОВАЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

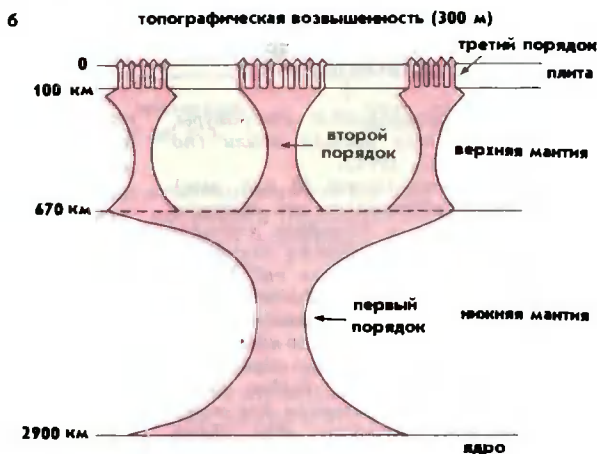
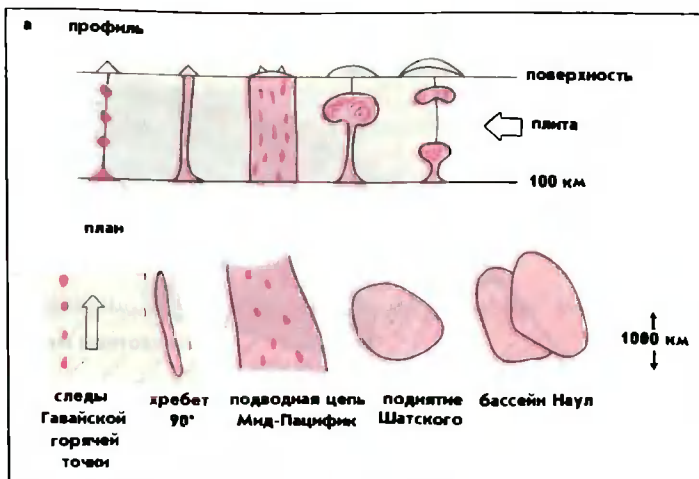
Отдавая должное теории тектоники литосферных плит и отнюдь не отрицая справедливости ее основных положений, авторы упомянутых статей одновременно отмечают, что существует множество фактов, которые нельзя в принципе объяснить

³ Хаин В. Е. Расслоенность Земли и многоярусная конвекция как основа подлинно глобальной геодинамической модели // Докл. АН СССР. 1989. Т. 308. № 6. С. 1437—1440.

⁴ Maruyama S., Kumazawa M., Kawakami S. Towards a new paradigm on the Earth's dynamics; Kumazawa M., Maruyama S. Whole Earth tectonics // J. of the Geol. Soc. Japan. 1994. V. 100. № 1. P. 1—3; P. 81—102.

Форма суперплюма и его проявления на поверхности Земли (по Маруяме С.).

а — различные типы поднимающегося плюма, который проникает в движущуюся плиту (вверху), и их поверхностные проявления; **б** — различные формы структуры суперплюма. Грибообразный плюм в нижней мантии ветвится на несколько меньших плюмов в верхней мантии, которые, в свою очередь, ветвятся на еще меньшие в основании плиты.

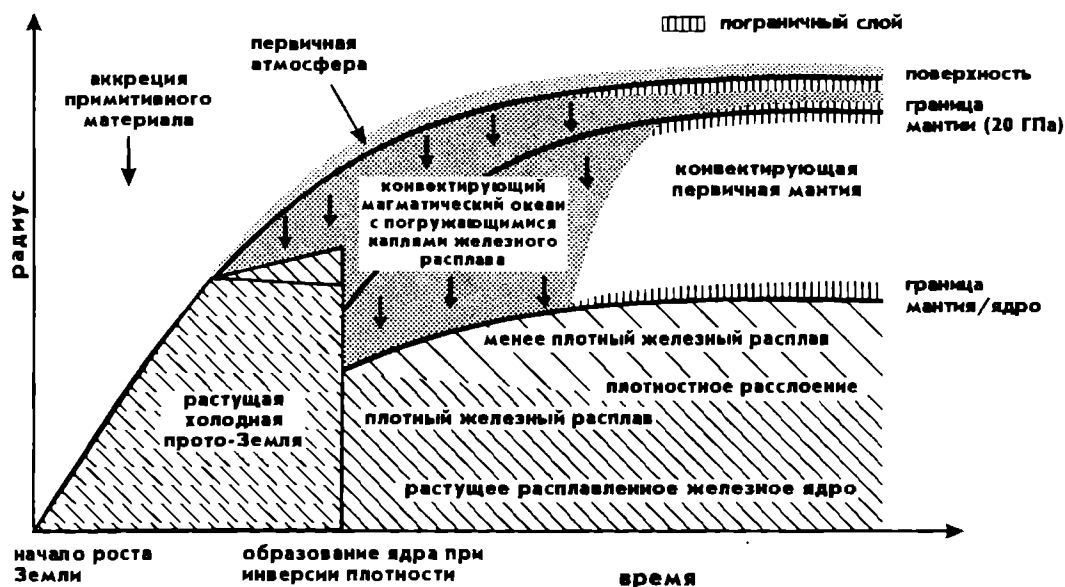


в рамках тектонических плит. В частности, это относится к прошедшей и будущей истории Земли.

Далее они указывают, что в распоряжении современных исследователей имеется пять новых инструментов для создания постплейттектонической теории, которых, очевидно, не было в руках создателей тектоники плит. Это, во-первых, данные сейсмической томографии, детально рисующие трехмерное строение глубоких недр Земли. Во-вторых, это данные экспериментов при сверхвысоких давлениях, способствующих лучшему пониманию состава и свойств вещества и возможного характера конвекции в мантии Земли. В-третьих, это компьютерное моделирование геодинамических процессов; в-четвертых, успехи региональной геологии континентов и океанов, освещающие древнейшую историю Земли

и проявлений в ней тектоники плит и, наконец, в-пятых, успехи сравнительной планетологии, достигнутые в результате применения дистанционных методов и прямого исследования ближайших небесных тел. Все это несомненно создало предпосылки для построения новой, глобальной геодинамической модели — цель, которую и поставили перед собой японские исследователи.

Они разделяют современную Землю, с точки зрения стиля протекающих в ней геодинамических процессов, на три главные области: кору и верхнюю мантию, составляющие тектоносферу, в которой господствует тектоника плит; нижнюю мантию — область проявления тектоники мантийных струй, т. е. плюмтектоники; ядро с прогрессирующим разрастанием твердого, чисто железоникелевого внутреннего (цент-



Образование стратифицированной структуры, связанной с аккреционным ростом Земли (по Кумазаве М., Маруяме С., 1994).

В течение стадии роста (менее 10 млн. лет) магматический океан образовался при аккреции примитивного материала и благодаря парниковому эффекту атмосферы, а также аккумуляции расплавленного железного слоя над холодной прото-Землей более низкой плотности. Это привело к неустойчивости и мгновенному образованию расплавленного железного ядра ниже магматического океана. Внутреннее ядро могло выделиться и расти в течение стадии роста благодаря охлаждению под давлением или позднее из-за застывания внешнего ядра. Далее аккрецированный менее плотный железный расплав, накопившийся поверх ядра, содержит уже больше легких элементов, чем расположенный ниже. Несколько позже происходит коллапс плотностной стратификации. Магматический океан продолжает существовать, в нем идет фракционирование материала, наиболее интенсивное на глубинах, отвечающих давлению 20 ГПа и 10 ГПа.

рального) ядра за счет внешнего, жидкого; этот процесс именуется авторами тектоникой роста.

Ведущее значение в тектонике плит придается погружению холодных литосферных пластин в зонах субдукции, что рассматривается как естественное следствие существования Земли в холодном космическом пространстве и, очевидно, ее векового охлаждения. Холодные пластины погружаются первоначально до границы верхней и нижней мантии на 670 км и здесь какое-то время, от 100 до 400 млн. лет,

находятся в состоянии стагнации, пока не наступает катастрофический гравитационный коллапс, вызывающий погружение пластины уже до границы мантии и ядра. Этому коллапсу способствует эндотермическая природа фазового перехода на границе 670 км. Наступающее вследствие коллапса взаимодействие холодной пластины с внешним ядром имеет два важных следствия. С одной стороны, оно вызывает охлаждение внешнего ядра и порождает в нем нисходящий вихрь, уносящий железо и никель во внутреннее ядро, которое благодаря этому испытывает разрастание. С другой стороны, оно провоцирует возникновение компенсационного восходящего течения на границе ядро — мантия, которое порождает плюм, достигающий границы нижней и верхней мантии и здесь, так же как и холодный плюм, испытывающий задержку, а затем прорывающийся вверх. В современной картине Земли С. Маруяма и его коллеги различают один крупный нисходящий холодный суперплюм под Центральной Азией и два восходящих суперплюма — под южным Тихим океаном и под Африкой. Таким образом, в нижней мантии, а фактически и в переходной зоне, к верхней мантии навстречу друг другу на определенном расстоянии движутся колонны охлажденного и разогретого вещества, т. е. конвекция реализуется в форме адвекции.

Мощные восходящие суперплюмы служат причиной раскола и дисперсии суперконтинентов и образования вторичных

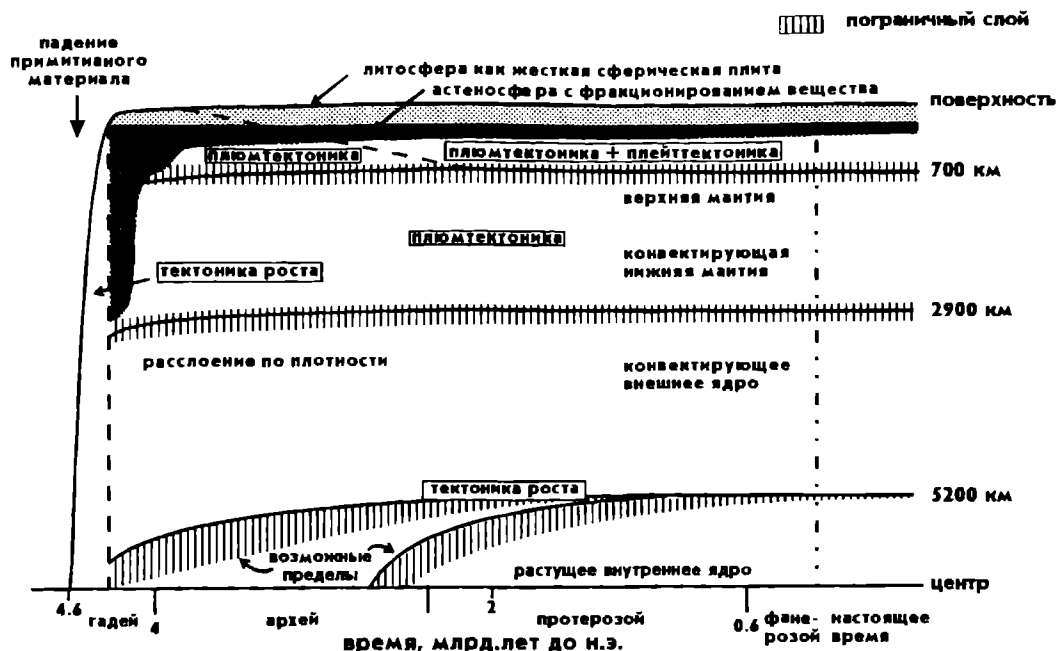


Схема глобальной тектоники Земли (по Кумавае М., Маруяме С., 1994).

Самая короткая по времени тектоника роста. Плейттектоника началась в раннем архее под поверхностью Земли и проникла в глубь мантии до границы 670 км. Плюмтектоника остается господствующим тектоническим стилем, все еще контролирующим плейттектонику и, в свою очередь, испытывающим ее влияние. Формирование астеносферы началось с очень глубокого магматического океана, на стадии роста охватывавшего всю мантию, астеносфера продолжает существовать на глубинах от 200 до 400 км в зависимости от района. Главный источник плюмов — пограничные слои: поверхностный (литосфера — астеносфера), майтский и разделяющий мантию и ядро.

океанов между их фрагментами, в то время как под суперконтинентами, окруженными зонами субдукции, возникают воронкообразные, сверху холодные суперплюмы. Восходящие суперплюмы, достигая снизу границы 670 км, расщепляются в пределах верхней мантии и дополнительно в литосфере, принимая разнообразные формы.

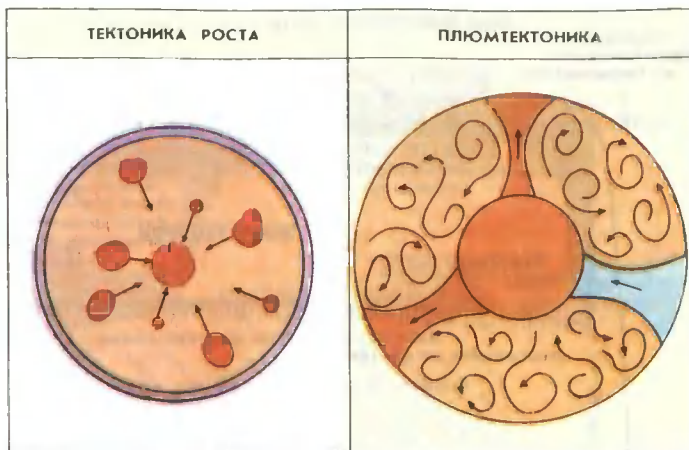
По мнению С. Маруямы, спрединговые хребты первоначально (пример — Срединно-Атлантический хребет) непосредственно располагаются над плюмами, поднимающимися с границы мантия — ядро (чему, однако, противоречит их смещение в латеральном направлении. — В. Х.). С

возникновением же зон субдукции по краям океана (примеры — Индийский и Тихий океаны) оси спрединга утрачивают эту зависимость.

Таковы основные черты динамической модели, предлагаемой японскими учеными для современной Земли. При этом они совершенно справедливо полагают, что эта модель отражает именно современное развитие Земли и что в ее длительной истории характер и относительное значение различных геодинамических процессов испытывали существенные изменения (историческая геодинамика! — В. Х.). Предполагается, что Земля начала расслаиваться на оболочки уже на стадии аккреции. Когда Земля достигла таких размеров, что смогла удерживать первичную атмосферу, образованную газами, выделявшимися при соударении планетезималей, начался ее разогрев под влиянием тех же соударений и выделения гравитационной энергии. Этот разогрев привел к образованию магматического океана, на дно которого начали осаждаться пузыри расплавленного железа, создавая железный слой в основании этого океана. Достигнув критической толщины, слой этот поменялся местами с подстилавшим его хондритовым материалом (благодаря инверсии плотностей!), что и привело к образованию расплавленного железного ядра в центре планеты. Процесс этот сопровождался мощным выделением грави-

Схема планетарной эволюции тектонических стилей во времени (по Кумазаве М. и Маруяме С., 1994).

На стадии тектоники роста, которую прошли все планеты, формировалось ядро, а на поверхности — магматический океан. На стадии плюмтектоники, которую проходит Венера и проходила Земля до времени 4 млрд. лет назад, началась конвекция в виде перемещения колонн и капель разогретого вещества. На стадии плейттектоники, начавшейся на Земле 4 млрд. лет назад, конвекция стала осуществляться за счет линейного погружения и подъема разогретого вещества. На стадии контракционной тектоники, на которой находятся Марс и Меркурий, господствует горизонтальное сжатие с погружением вещества, возникают немногочисленные разрывы, по



ним к поверхности поднимается магма, дающая начало крупным вулканам. На заключительной стадии терминальной тектоники, «пережитой» Лу-

ной и малыми планетами, происходят лишь образование разрывов и газовые эманации, поверхность планеты изменяется внешними факторами.

тационной энергии, что способствовало наращиванию магматического океана. В самом же ядре под влиянием охлаждения и возрастания давления началось осаждение железоникелевых кристаллов, из которых и сформировалось внутреннее ядро.

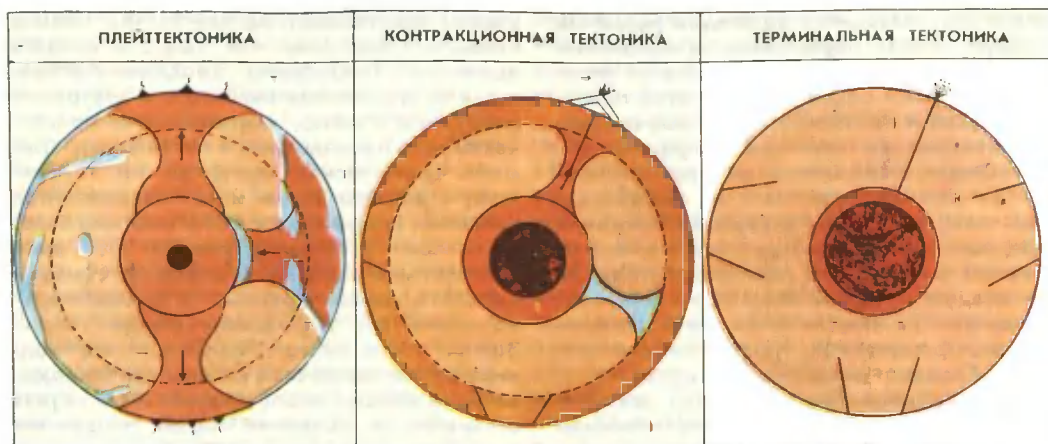
С замедлением процесса аккреции и роста Земли уход тепла в окружающее пространство стал превышать аккреционный разогрев и началось охлаждение магматического океана, которое, по мнению М. Кумазавы и С. Маруямы, и привело к его расслоению на две оболочки: нижнюю, на глубине 400—700 км, состоящую из оливина и пироксенов, т. е. ультрамафитовую, и верхнюю, базальтового состава. Последняя и дала начало литосфере.

Таким образом, по модели авторов, стратифицированная структура Земли возникла почти одновременно с ее аккреционным образованием, в течение не более 10 млн. лет. Этот период они именуют периодом роста. Кратко пересказанная выше интерпретация последовательности событий этого периода представляет один из наиболее оригинальных элементов концепции японских исследователей.

В течение этой самой ранней стадии развития Земли в ее недрах преобладала хаотическая конвекция (ее японские авторы называют турбулентной). Постепенно, по мере ослабления турбулентности, она пере-

росла в более упорядоченную с восходящими и нисходящими колоннами разогретого или охлажденного вещества. Так совершился переход к плюмтектонике, первоначально (примерно до 4 млрд. лет) из-за отсутствия литосферы господствовавшей во всем объеме от границы ядра до поверхности Земли. С появлением в начале архея литосферы, ее дальнейшим разрастанием и с обособлением астеносферы верхняя мантия и кора стали областью совместного проявления плюм- и плейттектоники, в то время как в нижней мантии сохранилось господство плюмтектоники.

Основываясь на материалах по юго-западной Гренландии, в частности, полученных недавней японской экспедицией, авторы допускают, что действие плейттектонического механизма началось уже 3.9 млрд. лет назад, но при этом справедливо указывают на определенные отличия архейской тектоники плит от более поздней: плиты были более тонкими, менее жесткими (из-за повышенной температуры), быстрее погружались, проникая лишь на относительно небольшую глубину, так как высокая температура препятствовала переходу базальта в эклогит и оливина перидотитов в шпинель. Такую тектонику плит авторы именуют кожной (от англ. skin — кожа) тектоникой или, вслед за австралийским ученым Г. Ф. Дэвисом, доплитной тектоникой. Автор этих строк назвал ее



ранее эмбриональной тектоникой плит⁵.

По мере понижения мантийных температур и в результате охлаждающего влияния народившегося Мирового океана становится возможным и переход базальта в эклогит, и оливина перидотитов в шпинель, что резко снижает плавучесть субдуцируемой плиты и позволяет ей наконец погружаться до раздела верхней и нижней мантии. Наступает возможность полномасштабного проявления плейттектоникой и ее взаимодействия с плюмтектоникой.

Такова принимаемая авторами рассматриваемых работ схема эволюции геодинамических стилей в истории Земли. Но в построениях японских исследователей еще одна деталь заслуживает быть отмеченной — это их предположение, сделанное в статье М. Кумазава, С. Иосиды, Т. Идо и Х. Иосиоки, о катастрофическом событии на границе архей — протерозой, на рубеже 2.8—2.7 млрд. лет назад. Это событие заключалось в разрушении первичной плотностной стратификации ядра под действием резонанса между солнечно-лунными приливами и инерционными гравитационными осцилляциями в ядре. Разрушение первичной стратификации и перемешивание материала ядра имело своим следствием начало конвекции во внешнем ядре, усиливающей интенсивность геомагнитного поля, повышение температуры на внешней границе ядра и теплового потока из ядра в мантию. Последнее, в свою очередь, вызывало повышение магматической активности и изменение в поверхности тектоники Земли. Отражение первого эффекта видится в сгущении радиометрических да-

тировок магматических (и метаморфических.— В. Х.) пород на данном рубеже. Отмечая эти интересные соображения, приходится одновременно указать на их гипотетичность. Впрочем, последнее никак не влияет на общую оценку всей рассматриваемой здесь концепции.

Между тем последняя включает еще один весьма важный и бесспорно позитивный элемент. Авторы не ограничиваются прослеживанием геодинамической эволюции Земли, но, используя сравнительный планетологический материал, и прежде всего новейшие данные по Венере, которым посвящена специальная статья Н. Фуджи, намечают эволюционный ряд планет земной группы.

ЭВОЛЮЦИОННЫЙ РЯД ПЛАНЕТ

Японские исследователи полагают, что все планеты должны были, подобно Земле, пройти сначала короткий период тектоники роста и затем вступить в период плюмтектоники. Венера, по их мнению (как и по мнению автора этих строк), находится в стадии перехода от полного господства плюмтектоники к появлению плейттектоники (такое же мнение высказывалось и мною). На первое указывает сосуществование крупных поднятий и впадин, создаваемых, очевидно, восходящими и нисходящими плюмами. На второе — наличие пересекающих их гряд и трогов, возможно, свидетельствующих о начальной стадии распада литосферы на многочисленные плиты (мультиплитная тектоника), и особенно дугообразных морфоструктур, весьма сходных с глубоководными желобами и окаймляющими их со стороны океанов внешними валами. То обстоятельство, что Вене-

⁵ Хаин В. Е., Божко Н. А. Историческая геотектоника. Докембрий. М., 1988.

ра все еще находится на стадии развития, которую Земля переживала предположительно в раннем архее, объясняется японскими учеными сохранением у этой планеты мощной и плотной атмосферы, создавшей мощный же парниковый эффект.

Земля, с ее сочетанием плюмтекtonики в нижней мантии и преобладанием плейттекtonики в верхней мантии и коре, занимает следующее место в эволюционном ряду планет земной группы. За ней следуют Марс и Меркурий. «Господствующую» на них тектонику авторы называют контракционной. На этой стадии планеты обладают мощной, но единой, т. е. уже не разделенной на плиты, жесткой литосферной оболочкой, испытывающей общее сжатие. В этой оболочке могут существовать отдельные трещины и разломы, по которым происходит подъем магмы из продолжающей частично плавиться внутренней области планеты. Магма эта еще способна создавать крупные щитовые вулканы — подобие марсианских⁶.

Контракционная стадия сменяется, согласно излагаемым представлениям, заключительной — терминальной, на которой находятся Луна и малые планеты, в частности спутники Юпитера. Эти тела являются уже целиком твердыми и хрупкими. Извне на них воздействуют приливные силы со стороны близких более крупных тел и удары метеоритов. Возможно также проявление разломной тектоники и выделение газовых эманаций вдоль разломов.

Японские исследователи взяли на себя смелость предсказать и более отдаленное будущее Солнечной системы, которое может наступить через 5 млрд. лет или много позже. К этому времени Солнце должно превратиться в красный гигант, под действием мощного теплового излучения поверхность планет подвергнется испарению. Недра планет, испытав предельное гравитационное сжатие, перейдут в состояние декомпрессии и начнут расширяться. При наличии твердой и жесткой оболочки это может привести к взрыву, т. е. саморазрушению планет. Такова отнюдь не радужная перспектива, но гипотетичность этих построений самоочевидна.

Основная же концепция японских

ученых заслуживает, на мой взгляд, самого большого внимания. Им удалось создать подлинно глобальную геодинамическую модель, достаточно стройную и внутренне непротиворечивую, учитывающую практически весь накопленный к настоящему времени фактический материал по глубинному строению Земли и ее поверхностной геологии, опирающуюся на известные законы физики и термодинамики. Это дает достаточные основания, чтобы констатировать, что сделан крупный и принципиально новый шаг в создании общей теории Земли и что авторы концепции справедливо расценивают свои работы как закладывающие основы новой парадигмы в науках о Земле. А создание новой парадигмы означает научную революцию, и, следовательно, мы подошли к порогу очередной революции в геологии и вообще науках о твердой Земле.

Мне могут возразить, что понятие революции включает разрушение всего ранее господствовавшего в данной науке («до основания, а затем...»). Между тем в концепции японских ученых полностью сохранена, применительно к верхним оболочкам Земли, тектоника плит, которую они, кстати, сумели объединить, хотя, быть может, и не вполне удачно, с плюмтекtonикой. Однако приведенное толкование сущности революций представляется неоправданно узким. Появление неевклидовых геометрий не отменило полностью геометрию Евклида, а показало лишь ограниченность ее применимости. То же произошло и с классической механикой Ньютона в связи с появлением теории относительности Эйнштейна. Да и революции, происходившие в истории отдельных стран, не всегда сопровождались полным разрушением всего ранее существовавшего общественного строя — взять хотя бы «революцию Мэйдзи» 70-х годов прошлого века в Японии, не уничтожившую монархию в этой стране.

Поэтому мне представляется, что мы присутствуем при вступлении геологических наук в новый этап развития. Я смею предположить, что подборку статей в юбилейном номере журнала Японского геологического общества ждет та же счастливая судьба, что и знаменитую серию статей 1967—1968 гг. в журнале Американского геофизического союза, явившуюся основополагающей для тектоники плит.

⁶ Представления японских авторов, что Марс в своей эволюции пошел дальше Земли, находит подтверждение в недавней работе американца Н. Слипа, доказывающего, что в развитии Марса существовала стадия тектоники плит. См.: Sleep N. H. // J. of Geol. Research. 1994. V. 99. P. 5639—5655.

Из всего сказанного не следует, однако, заключать, что японская модель вполне совершенна и не нуждается в дальнейшей доработке, а в будущем не претерпит существенных изменений, подобно тому, как это произошло с тектоникой плит. Уже сейчас можно указать на некоторые ее недоработки и пробелы. Главным из них представляется то обстоятельство, что Земля в рассмотренной модели трактуется, по существу, как замкнутая система, в то время как в действительности она является открытой, непрерывно взаимодействующей с окружающим космосом. Это взаимодействие сложно и многофакторно, и все его стороны еще подлежат исследованию. Из числа других пробелов можно указать на неучет фрактальности литосферы и повторить сказанное относительно условий перехода от плюмтектоники к плейттектонике на уровне основания тектоносферы.

Далее может возникнуть вопрос: в какой мере случайно то обстоятельство, что новая парадигма появилась на свет именно в Японии? Думается, что это отнюдь не случайно и может быть объяснено двумя главными моментами. Во-первых, достаточно закономерно, что новые теории рождаются не в тех странах, где перед этим впервые появились предыдущие теории. Причина этого заключается, очевидно, в том, что там, где последние успели уже пустить глубокие корни, как это произошло в Северной Америке и Западной Европе с тектоникой плит, гораздо труднее пробиться новым идеям. Для этого, как и растениям, нужна новая почва, но эта почва должна быть достаточно подготовленной, продолжая сравнение — достаточно удобренной. Это в данном случае и осуществилось в Японии: в последнее десятилетие японские геофизики достигли очень больших успехов в области сейсмической томографии, по существу, сравнявшись со своими американскими коллегами; то же касается экспериментов в области сверхвысоких давлений, где японские петрологи догнали австралийцев, и других новых научных направлений. К сожалению, в нашей

стране в силу известных причин мы не можем этим похвастаться, и поэтому на данной исторической дистанции японцы нас несколько опередили.

Однако и у нас нет оснований особенно приbedняться. В последнее десятилетие в России появилось немало работ, намечающих переход от классической плейттектоники к более высокой ступени развития наук о Земле и во многом предвосхищающих сделанное теперь японскими исследователями. Я имею в виду работы, посвященные глубинной геодинамике, конвекции, плюмам. Перечислю их авторов в алфавитном порядке: Н. Л. Добрецова с А. Г. Кирдяшкиным, Л. П. Зоненшайн с М. И. Кузьминым, Ю. М. Пуцаровский с В. Л. Новиковым, А. А. Савельевым и В. Е. Фадеевым, В. П. Трубицын с соавторами. Смее также упомянуть и свои собственные разработки, сделанные лично или в соавторстве с А. Т. Зверевым, О. Г. Сорохтиным, С. А. Ушаковым, С. М. Кравченко, Л. И. Лобковским, А. М. Никишиным. К сожалению, японским ученым все эти исследования остались неизвестными, так как результаты их были опубликованы практически только на русском языке. Поэтому мы находим в рассмотренных выше статьях японского журнала ссылки лишь на англоязычную литературу. Все это досадно, но разумеется, не умаляет заслуг наших японских коллег, сумевших объединить все, что ранее лишь «носилося в воздухе», в единую стройную и одновременно строгую концепцию, с чем их можно только поздравить.

И последний вопрос: а не слишком ли короткий срок отделяет нас от времени появления предыдущей парадигмы, предыдущей революции? Ведь предшествовавшие революции, как правило, разделяли полувековые промежутки времени. Следует, однако, учесть, на мой взгляд, наблюдаемое ускорение темпов развития естественных наук. Думается, что с учетом этого ускорения все становится на свои места. И благодаря такому ускорению автор, пережив одну научную революцию, смог дожить до следующей.

Кочевники сибирской тайги

(этноэкологическая грань проблемы сохранения биоразнообразия)*

Ю. Г. Рычков



Юрий Григорьевич Рычков, доктор биологических наук, профессор кафедры антропологии Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, действительный член Российской академии естественных наук. Заведует лабораторией генетики человека Института общей генетики им. Н. И. Вавилова РАН. Область научных интересов — антропология, генетика человека, генетика народонаселения; в течение нескольких лет проводил антропогенетическое изучение тунгусов. Ему принадлежит разработка новой области генетических исследований — генетики народонаселения.

ЦЕЛЬ этой статьи — указать на этноэкологический аспект проблемы экологического здоровья планеты и сохранения ее биоразнообразия. Этнос не может возникнуть, не построив собственных отношений с природной средой, и не может выжить, если эти отношения враждебны. Именно поэтому в обитаемом человеком пространстве этносы, входящие в крупные экосистемы, имеют свои экологические ниши, к конкретным условиям которых они адаптированы не только генетически, но еще более — этнокультурно. И коль скоро жизнь этноса зависит от здоровья его природной среды, то именно этносы оказываются заботливыми хранителями своих экологических ниш, своего рода егерями и садовниками природы. Мы убедимся в этом, познакомившись с тунгусским этносом, который является единственным в мире представителем таежного номадизма (кочевничества), что сделало его хозяином и хранителем сибирской тайги. Но прежде несколько общих замечаний о номадизме.

Известный из истории и этнографии номадизм — это экологически и исторически неустойчивый тип хозяйственно-культурного развития этноса, сопровождающийся значительными колебаниями численности населения даже при небольших колебаниях климата. Это не раз в истории человечества переводило локальную экологическую напряженность на уровень глобальной исторической катастрофы. Яркий пример тому — документированное историческими источниками «Великое переселение народов», первопричина которого — в усыхании степей Центральной Азии, а итог — падение Рима и изменение этнической карты Европы. Номадизм не только исторически, но и экологически агрессивен: уничто-

© Рычков Ю. Г. Кочевники сибирской тайги (этноэкологическая грань проблемы сохранения биоразнообразия).

* По материалам доклада на Московской генеральной ассамблее GLOBE International 31 августа 1994 г.

жение растительности все увеличивающимися стадами (поскольку ими измеряется благосостояние населения), деградация степей, истощение природных ресурсов. Следствие этого — поиски новых пространств и отвоевывание их у других народов. Можно думать, что историческая агрессивность номадизма обусловлена внедрением его хозяйственно-культурного уклада в область межэтнических и межкультурных взаимодействий. Мир виделся древнимномадам полем борьбы, что отражено в знаменитом «зверином стиле» искусства номадов евразийских степей.

Вместе с тем очевиден и огромный вклад номадизма в общечеловеческий исторический процесс. Одомашнивание животных, распространение колесного транспорта, конное всадничество, создание караванных путей и посредничество в торговле, образование крупных кочевых держав — все это ускорило ход исторического процесса.

Среди почти сотни этносов прежнего СССР более четверти составляют потомки древних номадов Евразии.

Совершенно особый побег на древе кочевнических культур представляют таежные номады — два близкородственных тунгусоязычных народа Сибири: эвенки и эвены. В русской литературе они обозначаются часто общим термином — тунгусы, которым были определены еще в начале XVI в. при первой встрече с ними русских на притоках Енисея, носящих с тех пор названия Нижняя Тунгуска и Подкаменная Тунгуска. Куда бы далее в глубь Сибири ни продвигались русские казачьи дружины, повсюду они встречали все тех же тунгусов вплоть до побережья Тихого океана на Востоке, до побережья Ледовитого океана — на севере, до границ с Китаем и Монголией — на юге.

При огромном расселении тунгусы и прежде были, и теперь остаются крайне малочисленными — около 50 тыс. человек. Плотность тунгусского населения тайги составляет 0.0056 человека на 1 км², что меньше плотности населения даже в Сахаре. Тем не менее все таежное пространство заселено тунгусами весьма равномерно, любой участок тайги — дом для тунгусской семьи. Поэтому на вопрос о месте рождения человека здесь отвечает, называя обычно верховья или устье той или иной малой реки, а то и просто



«Звериный стиль» скифо-сибирского искусства передает восприятие мира древними номадами евразийских степей. Борьба зверей — основной сюжет этого искусства.

какой-либо ручей, которого нет на самой крупномасштабной карте, но которые все известны, все поименованы и хранятся в памяти тунгусского этноса.

Непрерывное, но чрезвычайно разреженное расселение обусловлено типом традиционного тунгусского хозяйства охотников-оленоводов. Объекты охоты — крупный мясной зверь (лось и дикий северный олень) и пушной зверь (соболь, белка). Одомашненный северный олень разводится не на мясо, а исключительно



В «зверином стиле» искусства таежных омадов нет агрессивности, присущей древним степным кочевникам; это хорошо видно в работах 1970-х годов сахалинского звенка Семена Надеяна (воспроизводится по книге известного этнографа В. А. Туголукова «Следопыты на оленях», 1969).



но в качестве транспортного средства. Тунгусская семья немногочисленна — в среднем 5—7 человек — и для ее транспортных нужд не требуется много оленей. Небольшое стадо в несколько десятков голов ведет полудикий образ жизни и пасется в тайге без пастуха, иногда уходя к диким оленям. Так что граница между тунгусским хозяйством и миром тайги весьма условна. Жизнь семьи протекает не в стенах дома, она распределена по обширной территории средней площадью около 1 тыс. км². И охота, и оленеводство тунгусов во избежание выбывания зверя в одном месте и потравы ягельника, возобновляющегося очень медленно (десятилетия и столетия), требовали постоянных перекочевков. За весь годовой производственный цикл семья проходила замкнутый путь средней протяженностью 800 км. По всей территории в разных местах на высоких сваях строились крытые корьем бревенчатые лабазы, в которых хранились припасы для будущих перекочевков и зимней охоты. В целях сохранения угодий стоянки между перекочевками выбирались каждый год на новом месте, пока не исчезнут следы предыдущего пребывания. Вся эта промысловая территория была наследственно закреплена за семьей и являлась частью наследственной территории тунгусского рода. Род состоял из нескольких десятков семей и владел частью тайги площадью 10—15 тыс. км².

Таким образом, каждая семья и каждый род должны были заботиться о возобновлении охотничьих и оленеводческих ресурсов на своей наследственной территории, т. е. сохранять и возобновлять естественное биологическое разнообразие тайги. Поэтому не могло быть и речи о разведении излишнего числа оленей или об избыточном отстреле дичи и пушны, о поколе лишней рыбы — это нарушало баланс сил человека и природы и грозило многими голодными годами. В силу родовой экзогамии территориальные соседи тунгусского рода были ему родственны и образовывали некое подобие племени. Эта группа родственных родов наследственно владела территорией около 50 тыс. км², что несколько больше территорий таких европейских государств, как Бельгия, Дания или Нидерланды.

Все таежное пространство Сибири оказалось пронизанным родственными связями примерно на уровне четвероюродных братьев и стало неделимым общим домом для тунгусов. Такая структура свя-

зей и обменов, в том числе и генами, в сочетании с крайне малой численностью благоприятна для роста генетического разнообразия народа. Поэтому не удивительно, что именно у таежных народов Сибири отмечен евразийский максимум генетического разнообразия локальных групп населения. Такое генетическое разнообразие считается фактором, способствующим адаптации и выживанию в экстремальных условиях среды. Этот же генетический фундамент поддерживает и высокий уровень психофизиологического разнообразия индивидуальностей в тунгусском этносе, что в наше время проявилось в склонности тунгусов к различным интеллектуальным профессиям — математиков, лингвистов, педагогов, этнографов, медиков, литераторов, художников. Недаром путешественник первой половины XIX в. действительный член Российской Императорской академии наук академик А. Ф. Миддендорф назвал тунгусов «парижанами тайги» (следует учесть, что в то время в России сравнение с французским служило определением высшего достоинства). «Таежные номады» и «парижана тайги» — каждое из этих определений тунгусов представляет немыслимое словосочетание. Оба определения трудно совместимы друг с другом, но емко и точно характеризуют тунгусский народ в отношении его образа жизни, нравственности и личности народа.

Все в быте тунгусов отвечало их жизненному укладу таежных номадов. **Жилище** — крытый берестой, а зимой — шкурами чум, наподобие индейского типа. Такое жилище быстро устраивается, при перекочевках же перевозятся лишь шкуры. Берестяные **лодки** — типа байдарки, с двухлопастным веслом. Такие лодки легко переносятся через многочисленные излучины меандрирующих сибирских рек, сокращая путь на многие часы и дни. **Езда на оленях** — только верхом, а чаще это — ведение навьюченного оленя в поводу. Даже **физический тип** тунгусов оказывается приспособлен к такому передвижению на оленях: тунгусы крайне миниатюрны и малорослы (кривая их роста частично перекрывается с кривой роста африканских пигмеев), так что маломощный олень, гораздо меньших размеров, чем его дикий собрат, легко несет наездника-тунгуса. **Зимняя одежда** распашного, а не глухого, как у жителей тундры, типа — короткая куртка, распашнутая спереди, без застежек, и шапка с длинными ушами. Такая одежда приспособле-



на для постоянного движения, бега и пешего преследования раненого зверя. **Посуда** — шитая из вываренной бересты. Из бересты даже детская **колыбель**, приторачиваемая при перекочевке к оленю.

Осваивая свою наследственную территорию в течение поколений, тунгусы, естественно, знают тайгу так, что могут предвидеть, в какое время года, даже в который день и час и в каком именно месте они встретят интересующую их добычу. Блестящая ориентировка тунгусов в тайге принесла им славу лучших проводников научных и поисковых экспедиций, что и понятно, поскольку тунгус-проводник ведет путешественника по своему дому — тайге — и знает этот дом, естественно, так же хорошо, как знает свой дом европеец, когда показывает его гостям.

Огромное заселенное тунгусами пространство тайги, присутствие тунгусской топонимики даже в тех районах Сибири, где ныне тунгусы не живут, — все указывает на большую древность тунгусов. По данным археологов, тунгусская одежда распахнутого типа, а значит, и тунгусский тип охоты реконструируются в неолити-

ческих погребениях в Прибайкалье (VII—IV тысячелетия до н. э.). Тунгусский уклад жизни в тайге формировался, по-видимому, в два этапа — доолениводческий и оленеводческий. По мнению этнографов, оленеводческий этап начался около 2 тыс. лет назад с заимствования элементов коневодства и конного всадничества у номадов Центральной Азии и переноса этих приемов на северного оленя. По выражению одного из этнографов, верховой олень «окрылил» пешего таяжного охотника и позволил ему в короткое время освоить все пространство сибирской тайги. Таким образом, охотничье-олениводческий уклад тунгусского таяжного номунизма имеет возраст не менее 2 тыс. лет, а в части охоты, которая в основном и сформировала баланс системы «человек — тайга», может иметь возраст 9 тыс. лет и более.

За истекшие тысячелетия не был утрачен по вине человека ни один элемент биологического разнообразия тайги, и она предстала в начале XVI в. перед русскими землепроходцами в первоизданном виде. Встреча тунгусов с русскими — это встреча двух типов цивилизации. О тунгус-

Закат над тунгусскими чумами; так хотелось бы, чтобы он не предвещал заката древней тунгусской культуры хранителей сибирской тайги.



У экспедиционного костра на берегу р. Илимпеи.

ской цивилизации таежного номадизма мы составили некоторое представление, что же касается русских, то отнесем их к евразийскому варианту европейской цивилизации. Одним из признаков этого варианта является весьма мирный ход колонизации земель и народов. В частности, и тунгусы были не завоеваны, а приведены в российское подданство, обложены данью (ясак) в виде пушнины и постепенно обращены в православие.

Но, несмотря на совершенно мирный характер встречи двух цивилизаций, она заключала в себе неразрешимое противоречие, которое в полной мере раскрылось в советский период истории народов России. Пока дореволюционные власти довольствовались сбором налогов с подданных тунгусов и затем оставляли их на год в покое, предоставляя самим себе,— до тех пор конфликт не давал о себе знать. Но советская власть сочла социально безнравственным оставлять народ в нативном состоянии в стране социалистического общественного строя и поставила задачу перевода народа из первобытно-общинного строя в социализм.

Сеть школ обеспечивала начальное образование на тунгусском языке и среднее образование — на русском. Окончившие школу поощрялись к обучению в институтах страны в специально созданном Институте народов Севера в Ленинграде. Коллективизация сельского хозяйства страны повлекла за собой и коллективизацию тунгусского охотничье-оленоводческого хозяйства. Оно, будучи родовым, и без того было коллективным, но теперь должно было реорганизоваться по единой для всей страны схеме: центральная усадьба с правлением колхоза, магазином, больницей, детским садом, школой, клубом, почтой, радио, аэродромом. Но для этого требовалось оседлое жительство тунгусов в выстроенных государством добротных домах, из которых в охотничий сезон уходили в тайгу. Олени же не могли содержаться в поселке из-за отсутствия корма, поэтому появились специальные бригады, занятые пастбой оленей в тайге,— оленеводство превратилось в пастушеское. Тем самым тунгусский хозяйственно-культурный уклад был разрушен во имя, как считалось, более ци-



За тысячелетия до русской колонизации Сибири происходила ее тунгусская колонизация, вероятные пути которой показаны на карте сплошной линией для предков эвенков и пунктирной — для предков эвенов. Для майских тунгусов в районе порта Охотска деления на эвенков и эвенов не существует и сегодня.

вильзованной жизни народа. Государство взяло на полное материальное обеспечение тунгусских детей от рождения до 18 лет. В поселках, где имелись полные средние школы, были организованы интернаты, в которых жили дети, съехавшие с обширной таежной периферии. С родителей оказались сняты все заботы и обязанности по воспитанию детей. Бездеятельная жизнь родителей в поселках обернулась пьянством. Для детей жизнь в школах-интернатах без родителей обернулась незнанием тайги, забвением правил жизни в ней, изменением отношения к тайге. Тайга перестала быть домом для молодых поколений тунгусов и лишилась своего хозяина, тысячелетиями заботившегося о ней. Ранее уже говорилось

о наблюдавшейся в это время вспышке тунгусских талантов в области различных интеллектуальных профессий, но все такие профессии не связаны с таежной жизнью, таланты оказались лишними. Целый народ, у которого были прерваны тысячелетиями складывавшиеся отношения с природой, оказался «лишним»; его мудрое отношение к тайге как к среде обитания, его глубочайшая экологическая интуиция, вся система его хозяйственной и духовной культуры превратились в архаизм. Не пушнина, а полезные ископаемые стали основной ценностью тайги, и из мирного дома для целого народа тайга превратилась в поле битвы за овладение ее минеральными богатствами. Первой жертвой этой битвы стал тунгусский народ, переживающий сегодня историческую трагедию. Самое парадоксальное состоит здесь в том, что эта трагедия — плод благих усилий мощного, но исторически и экологически непросвещенного государства, которое вознамерилось осчастливить народ, не спрося его представлений о счастье, и решило административно-принудительными мерами обеспечить новую жизнь народа на началах чуждой ему цивилизации.



Тунгусы Северного Прибайкалья. Зарисовки 1930-х годов антрополога Я. Я. Рогинского.

Современная цивилизация — не первенец в истории человечества, и получила она в пользование природную среду не от дикой природы, но от этносов, сохранявших ее необозримо долгое время. Восстановление экологического здоровья планеты и сохранение ее биоразнообразия во многом зависит от понимания и признания международным сообществом экологической значимости не только биоразнообразия, но и этнокультурного разнообразия. Задача сохранения биоразнообразия может решаться только «на местах», и, кроме этносов, осваивающих эти места, ее некому решать.

На планете существует несколько тысяч этносов. По мысли русского философа первой половины XIX в. П. Я. Чаадаева, народы — «в такой же степени существа нравственные, как и отдельные личности. Их воспитывают века, как отдельных людей воспитывают годы... Надо, следовательно, все их принимать безусловно, как принципы и средства, заранее данные для достижения более совершенного состояния». Этнос, большой он или малый, состоящий или нет членом международных организаций, — является именно таким «заранее данным принципом и средством» для спасения и поддержания биологического разнообразия на нашей планете.

Придонные скопления приповерхностных рачков в районе гибели АПЛ «Комсомолец»

Академик М. Е. Виноградов
Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН
Москва

АТОМНАЯ подводная лодка «Комсомолец» лежит на грунте к юго-западу от о. Медвежий на глубине 1700 м. Ее реактор надежно заглушен, но атомные торпеды постепенно корродируют, и, несмотря на все принимаемые технические меры защиты, плутоний из атомного заряда может попасть во внешнюю среду. Какова будет его дальнейшая судьба? В частности, не может ли он быть перенесен планктонными животными в поверхностные слои и по трофической цепи попасть в организмы промысловых рыб и на наш с вами стол? Поиски ответа на этот вопрос были одной из задач экспедиции на борту Научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш» Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН.

22 июля 1994 г. Глубоководный аппарат «Мир-1» медленно погружается сквозь толщу воды к затонувшей подводной лодке «Комсомолец». В свете мощных светильников видно, как через специальный счетный куб, вырезающий столб воды, проходят планктонные животные: калянусы, хетогнаты, медузы. Тут же у освещенного куба, почти не отставая от аппарата, вьется стайка небольших рачков-гиперидов (*Themisto abyssorum*). Эти приповерхностные рачки — компонент так называемого криля, излюбленной пищи промысловых планктоноядных рыб и китов.

Различные виды темисто склонны образовывать у поверхности воды плотные скопления, в которых и питаются рыбы и киты. Описаны слу-

чай, когда в Антарктике *Euphausia superba* (другой компонент криля) и *T. gaudichaudi* образовывали скопления, забивавшие водозаборные решетки современных судов, заставляя их останавливаться. А в Тихом океане за несколько минут траления маленьким плейстоным траликом мы ловили килограммы мелких *T. pacifica*.

Известно, что северные темисто привлекаются светом и роятся около подводных прожекторов, как насекомые у зажженной лампы. Так что стайки темисто у светильников аппарата — это обычное явление. Удивительно было другое. Аппарат погружался все глубже. Доминирующая копепода (*Calanus finmarchicus*) сменил более глубоководный калянус — *C. hyperboreus*. На глубине около 600—700 м появились красные глубоководные креветки *Hyas coarctatus*, почему-то висащие, расставив конечности и антенны, вверх или вниз головой, и спущенные у аппарата оранжевые белоглазые гаммариды (*Cyclocaris guillemi*). А количество темист не убывало. Отставала от быстрого опускающегося аппарата (5—10 м/мин) одна стайка, но ей на смену появлялась еще большая, и опять рачки снова-ли в луче прожектора.

Почему темисто могут обитать здесь на таких больших глубинах — понятно. Ведь котловина Норвежского моря, на склоне которой лежит «Комсомолец», отделена от глубин Атлантики Гренландско-Исландским порогом, имеющими глубины менее 1000 м, и заполнена местными зимними холодными водами и водами, проникающими из Полярного бассейна. Так что с глубиной остальные экологические факторы, кроме давления, остаются почти неизменными. Инте-



Рачок *Themisto abyssorum* (самка).

ресно отметить, что ближайший дальневосточный родственник северного темисто — *T. japonica* — в большом количестве опускается глубже 2000 м в котловине Японского моря, изолированной от глубин океана, но никогда не был встречен на такой же глубине в соседнем Охотском море, соединенном с океаном глубокими Курильскими проливами.

Наконец 1720 м — дно. Рыбы — ликоды, лежат, свернувшись в илтистых ямках, и удивительные фиолетовые осьминоги (*Cerroteuthis mulle-ri*), стоят вертикально, уперев свои щупальца-зонтики в грунт и медленно помахивая плавниками, напоминающими слоновиные уши.

На полчаса мы выключили светильники, а потом, когда включили их снова, оказалось, что стайки темисто исчезли, хотя один-другой рачок и мелькал в освещенном пространстве. Аппарат шел в 2—3 м от дна. Течения почти не было. Мимо проплывали странные коричневые гребневники и фиолетовые медузы и все увеличивалось число темист. Затем «Мир» подошел к «Комсомольцу» и в течение часа продолжал работу, сев на палубу лодки. Рачков становилось все больше. Десятки, сотни и, наконец, тысячи рои кружились у светильников.



Скопление темист над подводной лодкой «Комсомолец» (в кадр попала отнюдь не самая плотная часть «роя»).

«Мир-2», который работал в нескольких десятках метров от нас, сообщал о таких же роях.

Потом в лаборатории мы проанализировали пробу, взятую сачком из «роя» (27 экз.). Это были относительно крупные (9—16 мм) рачки, главным образом близкие к половозрелости самки; это позволяло думать, что скопления темист носили связанный с нерестом характер. Примерно у половины из них желудки были набиты пищей — остатками фиолетовой мезоглеи медуз — наверное, тех самых, которые регулярно встречались в придонном слое.

Станным было то, что раньше при работах на АПЛ «Комсомолец» таких роев не замечали. И в нашей экспедиции в последующие дни из аппаратов, работавших на дне, видели десятки, но не тысячи рачков. Хотя немногочисленные особи все время сновали около аппаратов, а два экземпляра (16,5 и 13 мм) попались во взятой сачком пробе грунта

вне зоны, освещенной аппаратами.

Возможно, что резкое возрастание придонных концентраций темист было связано с фазой Луны (22 июля 1994 г. как раз было полнолуние) или с прохождением в этот период через район работ мощного антициклонического вихря, обнаруженного гидрофизиками. Но важен сам факт возможности скоплений темист, населяющих весь слой воды, непосредственно у самого дна.

К сожалению, такие придонные скопления не удалось обловить планктонными сетями (использовались сети БР 113/140), но мы получили представление об общем распределении *T. abyssorum* в столбе воды (таблица).

Вертикальные перемещения этого рачка — прямой путь возможной передачи радионуклидов (если они выйдут из затонувшей лодки) в приповерхностные слои, где этими рачками питаются планктоноядные рыбы (сельдь, путассу, молодь трески) и киты. Однако надо иметь в виду, что у дна все же собирается лишь небольшая часть популяции те-

Распределение *T. abyssorum* в столбе воды

Глубина, м	Численность, экз./100 м ³	Биомасса, мг/100 м ³
0—20	20	30
20—50	130	200
50—70	80	230
(термоклин)		
70—100	5	50
100—200	40	340
200—600	4	130
(главный пикноклин)		
600—1000	1	22
1000—1500	3	77
1500—1750	4	44

мист, а их общая роль в биомассе всего кормового планктона (состоящего главным образом из калянусов и эуфаузиид), по нашим оценкам, не превышает долей процента. Кроме того, локальность заражения радионуклидами плутония, содержащимися в корродируемых торпедах, делает возможность такого переноса исчезающе малой, хотя принципиально она и существует.

Молекулярное рассеяние света и спектры Мандельштама — Бриллюэна

И. Л. Фабелинский



Иммануил Лазаревич Фабелинский, член-корреспондент Российской академии наук, научный руководитель группы по нелинейной оптике и молекулярному рассеянию света в Физическом институте им. П. Н. Лебедева РАН. Автор большого количества научных статей и монографии «Молекулярное рассеяние света» (М., 1965), изданной в 1968 г. на английском языке в издательстве «Plenum Press» (США). Лауреат премии им. М. В. Ломоносова.

ГЛУБОЙ цвет неба есть результат рассеяния солнечного света на молекулах газа, составляющих атмосферу Земли.

Поэтому приоритетный вопрос, кому принадлежит честь первого наблюдения молекулярного рассеяния света, очевидно, не имеет смысла. Другое дело, как объяснить это замечательное явление и кому мы обязаны таким выдающимся достижением.

Для возникновения рассеяния света обязательно нужно, чтобы на пути светового потока были оптические неоднородности, например частички пыли или сажки в воздухе, капельки воды в тумане и облаках, коллоидные частицы и многое другое.

Допустим, что среду, например жидкость, можно очистить от посторонних включений (пыли и т. п.) путем многократной перегонки в идеально чистый сосуд — как говорят, приготовить оптически «пустую» жидкость. Будет ли в такой среде наблюдаться рассеяние света? Оказывается, будет, и, более того, такое рассеяние включает в себе разнообразные и обширные сведения о свойствах рассеивающей среды и о самых тонких особенностях взаимодействия света с веществом.

Из-за статистического характера движения молекул или атомов в среде непременно возникают флуктуации различных физических величин. Например, в оптически «пустой» жидкости в результате хаотического теплового движения молекул в определенный момент в маленьком объеме могут собраться молекулы, импульсы которых больше или меньше среднего. В таком случае здесь возникнет флуктуация давления. Если же в определенном месте в какой-то момент соберутся молекулы с энергией теплового движения, большей (или меньшей) средней, то произойдет флуктуация температуры или энтропии. Точно так же в растворе могут возникнуть флуктуации концентрации. Разумеется, флуктуировать могут самые различные

величины, например анизотропия. Если такие флуктуации ведут к флуктуации оптической диэлектрической проницаемости ϵ или показатели преломления n ($\epsilon \equiv n^2$), то возникает оптическая неоднородность, которая и служит причиной рассеяния света. Именно о таком рассеянии, или, точнее, об одном из его видов, пойдет речь в этой статье. Но исследование рассеянного света началось не с лабораторных опытов, а с попытки ответа на вопрос...

ПОЧЕМУ НЕБО ГОЛУБОЕ?

Это явление природы такое яркое и впечатляющее, что пытливые умы исследователей не могли оставить его без внимания. Предполагали, что в атмосфере имеется большое количество пылинок, капель влаги и, возможно, других неоднородностей, которые, взаимодействуя с солнечным светом, и создают то, что называется небом.

Лукреций Кар (I в. до н. э.) обращал внимание на рассеяние света и движение мелких пылинок, попавших в луч солнечного света, проникшего в темную комнату. Делались предположения, что цвет неба объясняется цветом неоднородностей в атмосфере, но против этих гипотез возникали решительные возражения. Например, Леонардо да Винчи (XV в.) в своей работе «О свете, зрении и глазе» писал: «Я утверждаю, что синева, в которой мы видим воздух, не есть его собственный цвет, а порождается он теплой влагой, испаряющейся мельчайшими неощутимыми атомами»¹. Далее указывается, что мелкие частицы «становятся светлыми» в солнечном луче.

Интерференцией света на каплях воды объяснял голубой цвет неба великий Ньютон (XVII в.). Причем «капли» у него походили скорее на тонкие «пластинки»². Р. Клазиус (1850) не соглашался с Ньютоном. Он считал, что цвет неба объясняется интерференцией не на «каплях», а на маленьких водяных «пузырьках». Как видите, выдающимися умами было предложено немало объяснений голубого цвета неба, но правильного найдено не было.

Его не было даже тогда, когда уже была создана электромагнитная теория света, написаны уравнения Максвелла. Чего-то не хватало, что-то не созрело, и это не единственный случай в истории естествознания, когда все, что нужно для решения задачи,

есть, а решения тем не менее нет. Но это, скорее всего, не физический вопрос, а может быть, психологический или какой-то другой.

Дело с объяснением голубого цвета неба стало меняться, когда начались лабораторные опыты по рассеянию света.

По всей видимости, первые лабораторные опыты по рассеянию света на маленьких твердых частицах принадлежат Дж. Тиндалю (1869), который установил по крайней мере два фундаментальных факта: свет от вольтовой дуги, рассеянный на мелких твердых частицах, «голубеет»; рассеянный свет обнаруживает поляризацию при естественном падающем свете.

Судя по всему, эти экспериментальные результаты Тиндаля и несомненно известные более ранние гипотезы рассеяния света на пыли в атмосфере Земли побудили лорда Рэлея создать количественную теорию рассеяния света на диэлектрических пылинках сферической формы, линейные размеры которых гораздо меньше длины волны λ света. Таких пылинок в атмосфере всегда достаточно. Рэлей решил эту непростую задачу (1871) и получил формулу для интенсивности рассеянного света на мелких диэлектрических частицах.

Оказалось, что интенсивность рассеянного света пропорциональна шестой степени линейных размеров рассеивающих частиц и обратно пропорциональна четвертой степени длины волны света ($I \sim 1/\lambda^4$). Эту последнюю зависимость называют законом Рэлея.

Формула, полученная Рлеем, сохраняет свое значение и доныне, а закон Рэлея оказался существенным для объяснения голубого цвета неба и красного цвета диска Солнца на закате и на восходе.

Казалось, что найдено объяснение голубого цвета неба и некоторых других явлений оптики атмосферы. Однако действительность богаче воображения: выяснилось, что там, где нет пыли или ее очень мало (горные обсерватории), наблюдается более насыщенный и яркий голубой цвет неба. Стало ясно, что дело не в пыли, а в молекулах газов, составляющих атмосферу Земли. К такому заключению пришел Рэлей и создал (1899) теорию рассеяния света в газовой атмосфере. В формуле для интенсивности рассеянного в газе света содержится закон Рэлея, туда входит коэффициент преломления, число Авогадро N_A (количество молекул в грамм-молекуле). Измерение интенсивности рассеянного све-

¹ Леонардо да Винчи. Избранные естественно-научные произведения. М., 1955. С. 642.

² Ньютон И. Оптика. М.—Л., 1927.

та позволило еще одним способом определить N_A . Полученное значение $6.02 \cdot 10^{23}$ совпало с полученными ранее, что было и остается веским доказательством правильности формулы Рэлея.

Чтобы найти цвет неба, следует наложить на кривую распределения интенсивности по длинам волн в солнечном свете кривую, соответствующую закону Рэлея, а также кривую прозрачности атмосферы и кривую чувствительности человеческого глаза. Тогда как раз и выделится тот участок спектра солнечного света, который воспринимается как небо³.

Закон Рэлея дает естественное объяснение красному цвету диска Солнца на закате и восходе. В соответствии с этим законом, чем короче длина волны света, тем больше он рассеивается. А на закате и восходе солнечный свет проходит самый толстый слой атмосферы, и поэтому лучи ультрафиолетовые, фиолетово-синие, зеленые, желтые успевают рассеяться и остаются преимущественно красные, которые мы и видим⁴.

Теоретическими работами Рэлея, а также различными экспериментами в высокогорных обсерваториях и было положено начало исследованиям молекулярного рассеяния света.

В современной научной литературе под молекулярным рассеянием света понимают рассеяние на оптических неоднородностях, порожденных флуктуациями различных величин — в отличие от рассеяния на пыли и саже, капельках воды и других веществах, коллоидных частицах, мицеллах, а также комбинационного рассеяния света (эффект Рамана).

Разумеется, это чисто условное деление, но так уже принято.

То, что флуктуации могут существовать и создавать оптические неоднородности, являющиеся причиной светорассеяния, было понято не так давно. Все началось с попыток объяснить критическую опалесценцию при фазовых переходах.

Критическая опалесценция — это чрезвычайно сильное увеличение рассеяния света в узком температурном интервале при фазовом переходе. Если слить

в один сосуд две прозрачные жидкости, например анилин и циклогексан, то при комнатной температуре эти две жидкости не смешиваются — между ними существует четкая граница раздела. Если температуру поднять, то при критической температуре 29.59°C расслоившаяся смесь становится однородной, граница между компонентами раствора исчезает. Вблизи критической температуры прозрачный раствор становится мутным как молоко, а при дальнейшем повышении температуры — снова прозрачным. Явление обратимо — при понижении температуры в узком температурном интервале снова возникает критическая опалесценция, а при дальнейшем понижении температуры компоненты раствора расслаиваются и среда снова становится неоднородной.

Критические явления существуют и в системах жидкость—пар, тоже с возникновением критической опалесценции в узком интервале температур около критической; фазовые переходы есть и в твердом теле.

Критическое явление в системе жидкость—пар было открыто Конордом де ля Туром в 1822 г., а в растворах — Гезри в 1884 г. Было немало попыток объяснить критическую опалесценцию; многие из них страдали одним серьезным недостатком — они были неверными. Первое правильное объяснение дал в 1908 г. М. Смолуховский. Он понял, что в критической области сильно возрастает вероятность возникновения флуктуаций — флуктуаций плотности в системе жидкость—пар и концентрации в растворах, а также, в зависимости от природы фазового перехода, и других величин.

Плодотворную идею о флуктуациях А. Эйнштейн использовал (1910) для расчета интенсивности света, рассеянного вследствие флуктуаций плотности в жидкостях и концентрации в растворах, а Л. И. Мандельштам рассчитал и наблюдал (1913) в поставленном опыте интенсивность света, рассеянного из-за флуктуационной неоднородности гладкой поверхности жидкости.

Этими работами были заложены основы современной теории молекулярного рассеяния света, и если не обращать внимания на некоторые тонкости, то вполне можно заключить, что развитые теории хорошо согласуются с данными опыта. Следует, однако, обратить внимание на то, что до сих пор речь шла о рассеянии на неменяющихся во времени оптических неоднородностях, или, другими словами, об интегральной по частоте интенсивности рассеянного света.

³ Если в атмосфере присутствуют пылинки, капельки влаги и другие неоднородности, размеры которых порядка длины волны λ света или даже больше, то цвет неба становится более блеклым, чем когда таких неоднородностей нет.

⁴ Общая теория Рэлея подверглась критике. Это интересный вопрос, но его рассмотрение лежит за рамками настоящей статьи.

Оптические неоднородности, образованные флуктуациями, в силу статистического характера теплового движения атомов или молекул среды не остаются неизменными, «замороженными», а меняются во времени. Они то возникают, то исчезают, и такой процесс охватывает всю среду. Если избрать для наблюдения какую-нибудь «точку» среды, то можно будет «увидеть», как в какой-то момент возникает рассеянный свет, интенсивность его растет, достигая некоторого условного максимума, а затем падает, уменьшаясь до некоторого значения, после чего процесс повторяется, и так в каждой «точке», или, точнее, в малом объеме среды. Позволительно сказать, что любая материальная среда в обычных условиях «кишит» флуктуациями разных физических величин. Изменение интенсивности рассеянного света во времени — это и есть модуляция рассеянного света, приводящая к появлению спектра молекулярного рассеяния, вид которого зависит от закона изменения во времени оптической неоднородности.

ТЕПЛОЕМКОСТЬ ТВЕРДОГО ТЕЛА И СПЕКТР СВЕТОРАССЕЯНИЯ

Чтобы глубже понять механизм рассеяния, например на флуктуациях давления и возникновения спектра рассеянного света, обратимся к давней истории объяснения теплоемкости твердого тела. На первый взгляд может показаться, что между ними нет ничего общего. Однако это совсем не так, и, надеюсь, сейчас это станет очевидным.

В начале прошлого века П. Дюлонг и А. Пти установили, что теплоемкость любого твердого тела при нормальных условиях равна 6 кал/моль·град. На основе гипотезы равномерного распределения энергии по степеням свободы кинетическая теория тепла дала обоснование эмпирическому закону Дюлонга и Пти. Однако при низких температурах наблюдалось заметное отступление от него и требовалось усовершенствование теории. Принципиальный шаг сделал Эйнштейн (1907): вместо равномерного распределения энергии по степеням свободы он использовал планковский закон распределения, но с учетом эффективной частоты колебания молекул изучаемого вещества. Формула, полученная таким путем, лучше описывала результаты опыта, но при очень низких температурах теория все еще нуждалась в усовершенствовании. Это сделал П. Дебай (1912), в сущности, очень удачно разви

идею, заложенную в работе Эйнштейна. По Дебаю, твердое тело рассматривается как сплошная среда (континуум), но не с бесконечным числом частот в акустическом спектре, а ограниченным $3N$ собственными колебаниями тела (N — число атомов или молекул в образце) с минимальной длиной волны упругого колебания, которая определяется величиной межатомного расстояния d (период решетки монокристалла) и максимальной частотой $f_{\max} \sim \frac{v}{d}$ (v — скорость звука). Таким образом, энергия теплового движения частиц, образующих тело, по Дебаю, выражается через энергию акустических колебаний. Согласно этой модели, в теле существует огромный набор волн, распространяющихся во всевозможных направлениях, и поэтому можно представить себе, что флуктуации давления, о которых речь шла выше, это результат наложения или сложения (интерференции) упругих волн, а следовательно, флуктуация давления может быть представлена набором всевозможных упругих волн. Возникшая флуктуация давления не может оставаться там, где возникла, — она побежит по телу со скоростью звука.

В сущности, когда Эйнштейн создавал свою теорию светорассеяния, он разлагал флуктуацию плотности в ряд монохроматических волн, через амплитуды которых определялась интенсивность рассеянного света. То же самое делал Мандельштам, рассчитывая интенсивность света, рассеянного поверхностью. Но и у того и у другого гармонические составляющие флуктуации (члены ряда Фурье) были статистическими «волнами», и только потом стало ясно, что эйнштейновские и мандельштамовские фурье-компоненты и дебаевские упругие волны — это одно и то же. Рассеянный свет есть не что иное, как свет, дифрагированный на тепловых дебаевских волнах. В таком случае открывается удивительная возможность получить свет, дифрагированный на одной упругой волне очень высокой частоты, и таким путем изучить распространение звука очень высокой частоты в самых разных условиях. На первый взгляд это кажется неосуществимым. Действительно, в сплошной среде распространяются акустические волны — тепловые дебаевские волны в самых произвольных направлениях, и их очень много ($3N$), а их частота, как уже было сказано, лежит в интервале от 0 до $f_{\max}$ ($\sim 10^{10}$ Гц). Но, оказывается, эта трудность может быть преодолена, и даже довольно простым путем.

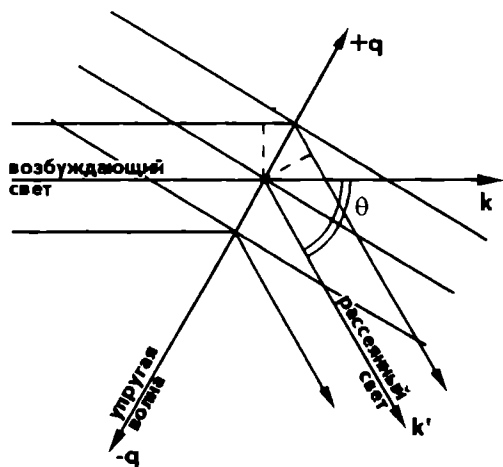


Схема образования стоячей упругой тепловой волны и направлений распространения волн возбуждающего света с волновым вектором $|\vec{k}| = 2\pi/\lambda$ (λ — длина волны света) и рассеянного света с волновым вектором $|\vec{k}'| = 2\pi/\Lambda$. Направление, в котором волны рассеянного света усиливают друг друга, определяется условием Брэгга: $\vec{k} - \vec{k}' = \pm \vec{q}$; $|\vec{q}| = 2\pi/\Lambda$. Отсюда следует соотношение (1).

Выберем какой-нибудь образец, направим на него параллельный пучок света (плоскую волну) определенной длины λ и будем наблюдать свет, дифрагированный на упругой волне с длиной волны Λ . Давно установлено, что дифрагированный свет будет наблюдаться под одним-единственным углом θ , величина которого определяется хорошо известным условием Брэгга:

$$2n\Lambda \sin \frac{\theta}{2} = \lambda. \quad (1)$$

Здесь n — показатель преломления. Условие Брэгга, в сущности, дает ответ на вопрос, под каким углом пойдет дифрагированный свет, падающий на дифракционную решетку с периодом Λ .

Из соотношения (1) следует, что, меняя угол наблюдения, можно выбрать разные Λ , а следовательно, разные частоты упругих волн f . По определению, частота — это отношение скорости к длине волны, поэтому, пользуясь этим определением и условием Брэгга, получаем

$$f = \frac{v}{\Lambda} = 2nv \frac{v}{c} \sin \frac{\theta}{2}, \quad (2)$$

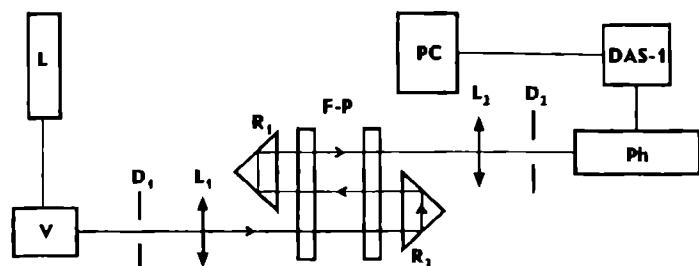
где v — скорость упругой (акустической) волны, частота света $\nu = \frac{c}{\lambda}$, c — скорость света.

Наложение двух волн с одинаковой частотой, распространяющихся в прямо противоположных направлениях, образует стоячую волну. На такой волне происходит не только дифракция света, но и модуляция рассеянного света с частотой f , поскольку с такой частотой меняется давление в стоячей волне. В результате модуляции в спектре рассеянного света в простейшем случае будут присутствовать две компоненты с частотами $\Delta\nu_s = \nu - f$ (стоксова линия) и $\Delta\nu_{as} = \nu + f$ (антистоксова линия). Такие линии называются компонентами Мандельштама — Бриллюэна (КМБ) — по именам предсказавших их физиков; они были обнаружены в кристалле и жидкости Е. Ф. Гроссом (1930).

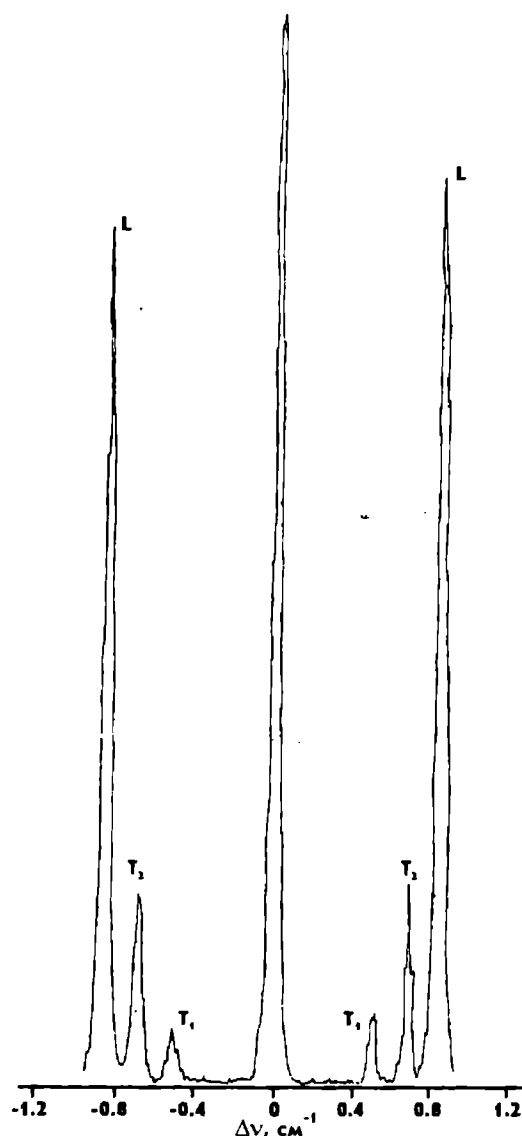
В жидкости, где возможна продольная звуковая волна, как описано выше, в спектре будут только две компоненты Мандельштама — Бриллюэна, а в твердом теле (кристалл, стекло) возможны еще поперечные волны, и тогда в спектре возникают КМБ, обусловленные модуляцией рассеянного света поперечными волнами. В общем случае, при учете анизотропии кристалла и разных поляризаций падающего и рассеянного света, могут наблюдаться 24 смещенные компоненты, но одновременно можно видеть только три из них: одну, обусловленную продольными упругими колебаниями, и две — поперечными упругими волнами.

КАК ПОЛУЧИТЬ КМБ И О ЧЕМ ОНИ МОГУТ РАССКАЗАТЬ

Оптическое смещение $\Delta\nu$ определяет положение КМБ в спектре и численно равно частоте звука или гиперзвука (гиперзвуком условно называют звук, частота которого выше 10^9 Гц). Из формулы (2) легко увидеть, что частота упругой волны может меняться от нуля, когда угол рассеяния $\theta \sim 0^\circ$ (направление падающего света), до величины $f_{\max} = 2nv \frac{v}{c}$, когда угол рассеяния $\theta = 180^\circ$ (рассеяние назад). Таким образом, максимальная частота звука, которая может быть изучена по КМБ, например для воды, в которой $v = 1.5 \cdot 10^5$ см/с, $n = 1.33$, а скорость света в пустоте



Принципиальная блок-схема возможной установки для изучения спектров молекулярного рассеяния света; L — лазер, V — изучаемая среда, D₁ и D₂ — диафрагмы, L₁ и L₂ — линзы, R₁, R₂ — уголковые отражатели, F-P — интерферометр Фабри — Перо, P — пьезоэлементы, позволяющие сканировать спектр, Ph — фотоумножитель, DAS-1 — цифровой накопитель сигнала от всего спектра, хранящегося в 1024 каналах спектроанализатора, PC — персональный компьютер, принимающий сигналы с DAS-1 и подвергающий их обработке по специальной программе до получения окончательного результата.



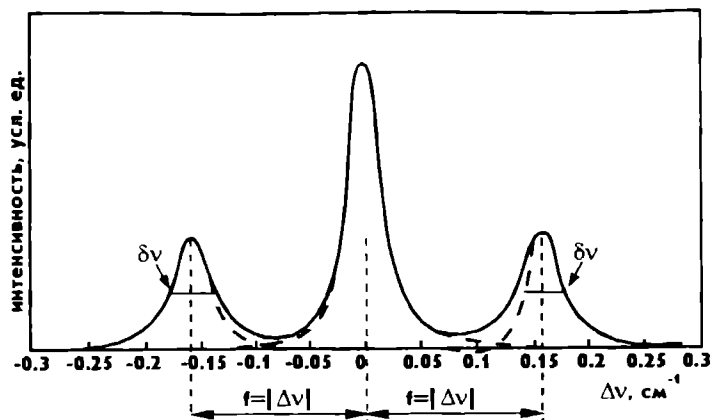
Спектр КМБ в монокристалле кварца. L — компоненты, обусловленные продольными гиперзвуковыми волнами, T₁ и T₂ — компоненты, обусловленные соответственно медленной и быстрой поперечными волнами. В центре расположена несмещенная линия спектра (f [Гц] = $3 \cdot 10^{10}$ см/с f [см]⁻¹). (Работа выполнена на кафедре физики кристаллов физического факультета МГУ.)

$c = 3 \cdot 10^{10}$ см/с, для зеленого света ($\nu = 6 \cdot 10^{14}$ Гц) составляет $8 \cdot 10^9$ Гц, а для алмаза ($n=4$, $\nu = 2 \cdot 10^6$ см/с для того же зеленого света) — $2.5 \cdot 10^{10}$ Гц. Частоты КМБ для всех других веществ лежат в промежутке между 10^9 и $2.5 \cdot 10^{10}$ Гц. Это очень высокие гиперзвуковые частоты. На таких частотах можно было вести исследования оптическим методом, когда акустическим путем генерировать звук с такими параметрами не могли.

Сопоставление величин скоростей, измеренных на гиперзвуке по положению КМБ, с результатами измерения тех же величин в ультразвуковом диапазоне позволило обнаружить дисперсию скорости звука. Из той же формулы (2) следует, что значение $\Delta \nu = f$ очень невелико, $\sim 10^{-3} \nu$. Обнаружить столь малое смещение с помощью обычных призмных спектрографов нельзя, поэтому приходится прибегать к приборам высокого разрешения. При изучении спектров молекулярного рассеяния света чаще всего используются интерферометром Фабри — Перо.

Таким образом, из спектра молекулярного рассеяния света можно одновременно определить обе важнейшие характеристики распространения гиперзвука:

Спектр света, рассеянного в жидком бензоле. Величина смещения $|\Delta\nu| = f$ определяется формулой (2). С ее помощью находят скорость v звука (гиперзвука), а из полуширины $\delta\nu$ компонент КМБ — коэффициент затухания звука α . (Работа выполнена в Физическом институте им. П. Н. Лебедева РАН.)



скорость — по величине $\Delta\nu$ ($v = c/2n \sin \frac{\theta}{2} \cdot \frac{\Delta\nu}{\nu}$) и поглощение гиперзвука — по ширине КМБ⁵ $\delta\nu$.

Возможности измерения скорости и поглощения звука в широком диапазоне акустических частот, и особенно в гиперзвуковой области, делают спектр света, рассеянного при различных состояниях вещества, мощным методом изучения самых тонких и разнообразных процессов. Все возможные применения спектров МБ мы здесь приводить не будем, остановимся лишь на некоторых из них.

ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ СПЕКТРОВ МАНДЕЛЬШТАМА—БРИЛЛЮЭНА

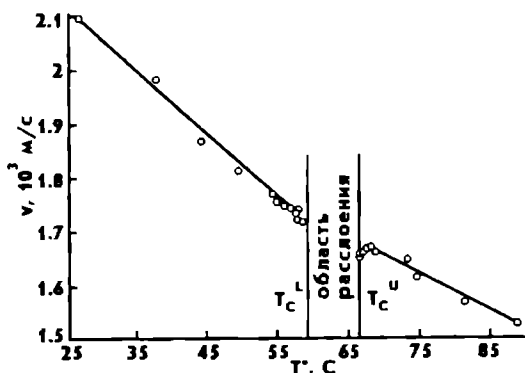
Фазовые переходы. Много существенного дает КМБ при изучении фазовых переходов различной природы. Например, фазовая диаграмма температура — концентрация раствора гваякол-глицерин с малой добавкой воды представляет собой замкнутую область, внутри которой компоненты раствора расслоены. На ней имеются верхняя (при T_c^u) и нижняя (при T_c^l) критические точки. Выполненные измерения скорости гиперзвука в однородном растворе в области критических точек показали, что зависимость скорости от температуры

описывается прямыми линиями, но в области нижней критической точки температурный коэффициент скорости вдвое больше, чем в области верхней. Этот эффект еще предстоит объяснить. В этих же областях интересная особенность наблюдается и для коэффициента поглощения.

Спектр света, рассеянного в He II. Особый интерес представляет изучение КМБ в жидком гелии. Л. Д. Ландау (1941) установил, что в сверхтекучем He II кроме звуковой волны сжатия должна также распространяться без затухания волна температуры — второй звук. В. Л. Гинзбург (1943) указал, что в He II должно наблюдаться четыре КМБ вместо двух, наблюдавшихся в обычных жидкостях. В. П. Пешков (1946) экспериментально обнаружил второй звук. Его скорость оказалась приблизительно в 10 раз меньше скорости первого (обычного) звука ($v = 240$ м/с). Интегрально по всем частотам интенсивность света, рассеянного в He II, составляет одну стомиллионную (10^{-8}) долю от падающего света, а из-за малости скоростей КМБ должны быть очень близко расположены друг к другу, поэтому, казалось, такие соображения имеют чисто теоретический интерес. Однако все четыре КМБ были обнаружены В. Ф. Вайненом (1987). Выполнение такого опыта связано с преодолением серьезных трудностей и требует совершенной экспериментальной техники.

КМБ в пьезополупроводнике в постоянном электрическом поле. При распространении звуковых волн в полупроводниках, которые одновременно являются пьезоэлектриками (например, кристаллы ZnO или CdS), наблюдается очень яркое акустоэлектрическое явление. В любом материале распространение звука сопровождается его поглощением, и то же самое,

⁵ Измерить $\Delta\nu$ и $\delta\nu$ не так легко, как может показаться на первый взгляд. Все было бы так, если бы падающий свет характеризовался бесконечно узкой спектральной линией, а спектральный прибор не вносил искажения. В действительности падающий свет имеет конечную спектральную ширину, а спектральный прибор вносит искажения. Учет всех этих обстоятельств возможен, но не прост. Лазерные источники света и компьютеры облегчили решение задачи.

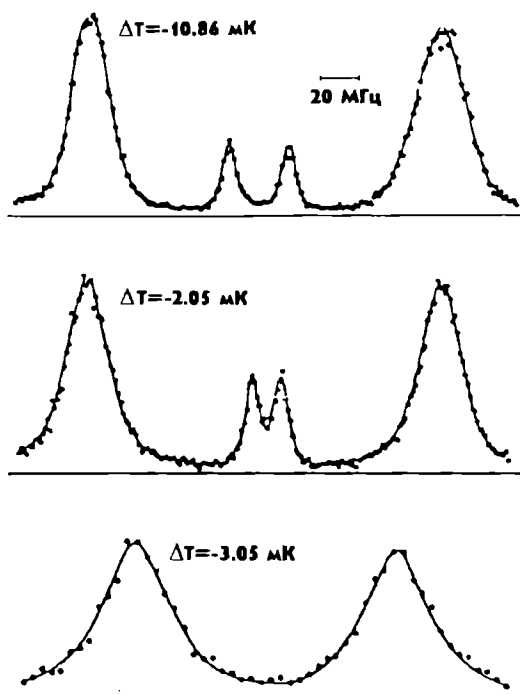


Зависимость скорости гиперзвука в областях верхней (T_c^U) и нижней (T_c^L) критических точек. В температурном интервале между двумя критическими точками раствор расслоен на две компоненты. Наклон прямых характеризует температурный коэффициент скорости. В области нижней критической точки он в два раза больше, чем в области верхней критической точки. (Работа выполнена в Физическом институте им. П. Н. Лебедева РАН.)

естественно, происходит в пьезополупроводнике. Если же на пьезополупроводник наложить соответствующим образом постоянное электрическое поле, то оно заставит двигаться электроны, и когда их дрейфовая скорость достигнет фазовой скорости звука, энергия от электронного потока начнет передаваться в такой степени, что звук не только не будет ослабляться, а наоборот, будет усиливаться. Разумеется, у этого явления есть много интересных особенностей, которых не стоит здесь касаться, но на усиление в определенной полосе звуковых частот указать следует. Если избрать такую звуковую волну, частота которой лежит в полосе усиления и имеет определенное направление $+\vec{q}$ или $-\vec{q}$, то можно ожидать, что разные КМБ будут иметь разную интенсивность. Действительно, такой эффект наблюдается. Причем частота и волновой вектор одной из компонент могут быть усилены по отношению к другой почти в 10 тыс. раз. При изменении направления электрического поля картина изменится на обратную.

Рассеяние возможно не только на объемных тепловых волнах, но и на поверхностных, например на тепловой рэлееской волне, и такие спектры получены в разных лабораториях мира.

Подчеркнем также, что при одинаковых частотах звука величины скорости

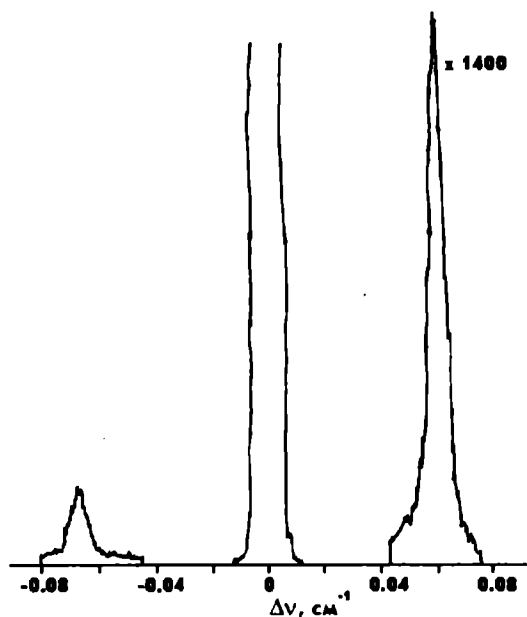


Спектр Мандельштама — Бриллюэна в жидком гелии ниже λ -точки. Вверху и в середине — при давлении 20 бар (1 бар = 10^6 дин/см²), внизу — при 17 бар. Внутренний узкий дуплет обусловлен вторым звуком, внешние компоненты — первым звуком. В спектре при уменьшении давления до 17 бар наблюдаются только КМБ, обусловленные первым звуком. ΔT — температурное «расстояние» от λ -точки; спектры получены на интерферометре Фабри — Перо с плоскими зеркалами, раздвинутыми на 80 см⁻¹. (Работа выполнена в Институте физических проблем им. П. Л. Капицы РАН.)

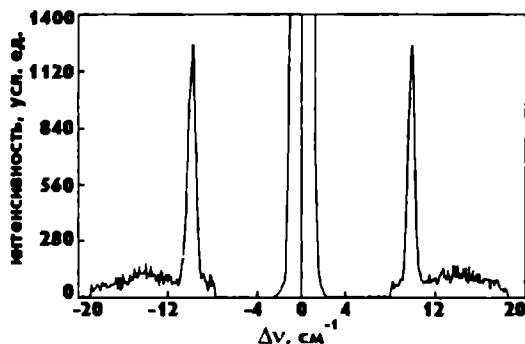
и поглощения будут одними и теми же, какими бы методами их ни определяли. Но упругие акустические волны, генерируемые излучателем, например пьезоэлементом, и введенные в ту же среду упругие, тепловые или дебаевские волны ведут себя по-разному.

Действительно, звуковая волна, введенная в некоторый объем вещества, по мере продвижения в толщу среды будет поглощаться — ее амплитуда уменьшится, а энергия будет переходить в тепло. К тому же выводу приводит рассмотрение затухания звука во времени.

Тепловые упругие или дебаевские волны в том же смысле не затухают ни в пространстве, ни во времени. Если тело



Спектр Мандельштама — Бриллюэна в пьезополупроводнике ZnO при наложении внешнего постоянного электрического поля. Одна из компонент становится почти в 10 тыс. раз интенсивней другой, что связано с эффектом усиления звука в условиях, когда дрейфовая скорость электронов (носителей заряда) сравнивается и превосходит фазовую скорость звука. (Работа выполнена на кафедре физики кристаллов физического факультета МГУ.)



Спектр Мандельштама — Бриллюэна, обусловленный рэлеевской поверхностной волной, на монокристалле высокотемпературного сверхпроводника $GdBa_2Si_3O_7$ — у (Работа выполнена на кафедре физики кристаллов физического факультета МГУ.)

находится при одинаковой температуре во всех точках и все время, то и амплитуда тепловой волны в любой точке и в любое время одна и та же. Она пропорциональна

коэффициенту, слабо зависящему от свойств вещества, и корню квадратному из абсолютной температуры вещества.

Возникает вопрос, почему по КМБ все-таки возможно определить поглощение и скорость звука. Достаточно полный ответ на этот вопрос дает расчет, а чисто словесное объяснение состоит в том, что изменение флуктуации во времени приводит к модуляции рассеянного света некоторой функцией, которая, в сущности, представляет собой закон изменения флуктуации во времени. Чтобы найти такую функцию, нужно решить соответствующие уравнения: для флуктуации давления — уравнение гидродинамики (Навье—Стокса), для флуктуации энтропии или температуры — уравнение диффузии (Фурье). И вот в эти модулирующие функции входят коэффициенты вязкости среды (в первом случае) и коэффициент диффузии (во втором).

Если в модулирующие функции входит вязкость, это означает, что это диссипативная среда и в ней есть потери, или поглощение. Эти величины линейно связаны между собой и определяют ширину КМБ, а как по положению КМБ определить скорость, уже обсуждалось выше.

Вопросы, связанные с флуктуациями энтропии, концентрации и анизотропии, безусловно, очень интересны, но заслуживают отдельного обсуждения.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Фабелинский И. Л. МОЛЕКУЛЯРНОЕ РАССЕЯНИЕ СВЕТА. М.: Наука, 1965.

Гинзбург В. Л. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА И АСТРОФИЗИКА. М.: Наука, 1987.

Розенберг Г. В. РАССЕЯНИЕ СВЕТА В ЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЕ // Успехи физ. наук. 1960. Т. 71. С. 173.

Мак-Картни Э. ОПТИКА АТМОСФЕРЫ. М.: Мир, 1979.

Такер Дж., Рэмpton В. ГИПЕРЗВУК В ФИЗИКЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА. М.: Мир, 1975.

Мак-Интайр Дж., Сэнджерс Дж. ИЗУЧЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ МЕТОДОМ РАССЕЯНИЯ СВЕТА // Физика простых жидкостей (экспериментальные исследования). М.: Мир, 1973. С. 97.

ТРИДЦАТЬ ЛЕТ СПУСТЯ

Из биографии Института теоретической физики

И. М. Халатников



Исаак Маркович Халатников, академик, основатель и почетный директор Института теоретической физики им. Л. Д. Ландау РАН. Основные работы — в области теории сверхтекучести, квантовой теории поля, релятивистской космологии. Член Лондонского королевского общества.

В СКОРЕ после того, как Лев Давидович Ландау попал в автомобильную катастрофу и получил очень тяжелые травмы (это произошло 5 января 1962 г.), стало ясно, что он не сможет вернуться к занятиям наукой. Это была потеря для всей теоретической физики, потому что Ландау был главой большой школы, которая играла очень важную роль не только в отечественной науке, но и в мировой.

Лев Давидович заведовал теоретическим отделом в Институте физических проблем, директором которого был Петр Леонидович Капица. Что собой представлял теоретический отдел Ландау? В то время в него входило шесть сотрудников: Евгений Михайлович Лифшиц, Алексей Алексеевич Абрикосов, Лев Петрович Горьков, Лев Петрович Питаевский, Игорь Ехиельевич Дзялошинский и я. Кроме того, у нас было несколько аспирантов, и среди них самый яркий — Александр Федорович Андреев.

В теоретической физике в России было несколько школ — Л. Д. Ландау, И. Е. Тамма, Н. Н. Боголюбова. Школа Ландау отличалась, во-первых, близостью к экспериментальной физике, во-вторых, широтой интересов. Те, кто работал с Ландау, обязаны были знать всю физику, а не какую-то узкую область ее. И наконец, в этой школе трудные задачи традиционно решались наиболее адекватными математическими методами. Вот это основные черты.



У входа в Институт физических проблем. И. М. Халатников, Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Август 1959 г.

отделы. Возникла серьезная опасность, что от отдела теоретической физики и школы Ландау ничего не останется.

КАК СОХРАНИТЬ ШКОЛУ ЛАНДАУ?

Работы учеников Ландау было легко отличить от работ, сделанных, допустим, учениками Боголюбова. Специалист, открыв журнал, мог это сразу определить.

Школа Ландау не ограничивалась теоротделом в Институте физических проблем. Большая группа его учеников во главе с академиком И. Я. Померанчуком работала в Институте экспериментальной и теоретической физики, были ученики в Харькове, Новосибирске и других научных центрах.

После того, как Ландау ушел со сцены, его учеников стали приглашать в разные институты возглавить теоретические

Это была серьезная проблема. Разумеется, Петр Леонидович Капица, который и пригласил к себе Ландау, и спас ему жизнь, вызволив из тюрьмы, очень ценил Ландау и его сотрудников. Однако к теоротделу он относился в некотором смысле утилитарно. Его в первую очередь интересовало взаимодействие теоротдела с экспериментальными лабораториями. А физики-теоретики имеют свои собственные задачи, которые выходят за рамки этих интересов.

В конце концов я пришел к убеждению: чтобы спасти школу, нужно органи-

1. Каппанец	33 д	22. Балашов	54 к
2. Лифшиц	34 д	23. Вейс	55 к
3. Ахизер	35 (к)	24. Мексин	55 к
4. Пацерак	35 к	25. Пятаевский	55 к
5. Мисса	35	26. Сандел	55 к
6. Левин	37 к	27. Беккерев	55 к
7. Берестовский	39 д	28. Цванг	56 к
8. Стородинский	40 д	29. Бомов	57 к
9. Халатников	41 д	30. Шаповал	58
10. Хуцшвили	д	31. Фальковский	59
11. Тер-Мартirosian	47 д	32. Андреев	59
12. Африкосов	47 д	33. Кократенко	59
13. Циффе	49 д	34. Рушинов	59
14. Марин	50 к	35. Марин	60
15. Ландис	50 к	36. Берков	60
16. Судаков	51 к	37. Мелик-Беркудур	60
17. Кляч	51 к.	38. Мокшанко	61
18. Черныш	52 к.	39. Чматович	61
19. Горсков	53 д	40. Будко	61
20. Жуковский	53 к	41. Мажко	61
21. Арапов	54 к	42. Малкин	61
		43. Клыбасов	61

Автограф Ландау. Список физиков, сдавших ему полный терминимум. Указаны год, когда это произошло, а также ученая степень или звание. Из архива ИФП РАН.

зовать Институт теоретической физики. Каждый из нас, сотрудников Ландау, был специалистом высокого класса в своей области, однако никто не претендовал на то, чтобы заменить Ландау. Но дело в том, что Ландау был не только выдающимся ученым, — он обладал могучим критическим умом, в котором очень нуждается теоретическая физика. Это наталкивало на мысль попробовать собрать наиболее ярких учеников Ландау в одном месте и создать нечто эквивалентное критическому уму Ландау.

Кстати говоря, в это время в стране была весьма популярна идея коллективного руководства. Вот и возникла мысль, чтобы коллектив, скажем, из 12—15

учеников Ландау, активно работающих в разных областях, — коллективный критический ум — мог работать так, как один Ландау. Отбирать и оценивать работы теоретиков.

Вместе с тем мы, несомненно, осознавали, что наш институт, Институт физических проблем — лучший в стране и в Академии наук и быть его сотрудником — большая честь. Кроме того, мы все привыкли к этому институту, как к родному дому, который оставить, естественно, очень трудно. Итак, идея созрела, но нужен был еще какой-то триггер.

Таким триггером послужил случай, произошедший весной 1963 г. Помнится, в этот день я созвонился с известным

американским физиком В. Панофским (создателем линейного ускорителя в Станфорде), он находился в Дубне, и я с ним договорился, что он выступит на очередном семинаре в среду у Петра Леонидовича. Я был секретарем на знаменитых «капичниках» и старался подбирать ярких докладчиков, которые представляли интерес и для Капицы, и для большой аудитории, которая собиралась вокруг него. Поговорив с Панофским, я уехал — повез свою младшую дочь на медицинский осмотр, чтобы получить справку для ее зачисления в английскую школу.

Когда я возвратился, это было около трех часов, мне сказали, что меня разыскивает Павел Евгеньевич Рубинин. Петр Леонидович вернулся после обеда, и я ему срочно понадобился. Выяснилось, что в мое отсутствие к Капице приходила сотрудница института, ведавшая кадрами, Нина Николаевна Агапова, с предложением принять на работу одного нашего аспиранта-теоретика. Петр Леонидович пожелал немедленно узнать мое мнение, а меня не оказалось. Надо признать, что Петр Леонидович не отличался в таких случаях большим терпением, но тут уж слишком разъярился и, когда я пришел, показал мне приказ, в котором мне выносился выговор за отсутствие на работе. Я ему заявил, что такого терпеть не буду ни от кого, в том числе от него. Повернулся и собрался уходить. Петр Леонидович на моих глазах тут же порвал этот приказ, и мы никогда больше к этому не возвращались.

Удивительно, но П. Е. Рубинин говорит, что не знает ни одного случая, когда Петр Леонидович писал или подписывал приказ такого рода в отношении руководящих сотрудников института.

Этот случай произвел на меня тяжелое впечатление. Я понял, что от таких эксцессов мы не защищены. Надо сказать, что Капица любил подшучивать над молодыми теоретиками. Это довольно естественно — существует некий комплекс в отношениях между экспериментаторами и теоретиками. Но иногда эти шутки были не совсем безобидными. Как-то осенью 1961 г., незадолго до автомобильной аварии, мы сидели с Ландау на ученом совете, когда Капица заявил: «Ну что ж, спроси теоретика и сделай наоборот». Я посчитал эту шутку довольно грубой и спросил Ландау: «Как вы это терпите? Петр Леонидович знает, что он. Но все-таки даже он должен понимать, кто вы». Ландау мне ответил: «Он спас мне жизнь, и я

должен его прощать». Однако такую шутку, сказанную без Ландау, перенести было бы гораздо труднее.

ФИЛИАЛ ИЛИ НОВЫЙ ИНСТИТУТ?

Буквально на следующий день после случая с разорванным приказом я позвал Абрикосова, Горькова, Дзялошинского, при этом присутствовал и Питаевский, и предложил: давайте создадим физико-теоретический филиал и выделим из Института физических проблем. Не полностью, конечно, — мы не мыслили своей деятельности без связи с реальной физикой. Поэтому я и предложил филиал.

В это время президент Академии Мстислав Всеволодович Келдыш находился под влиянием идеи создать вокруг Москвы научные центры по типу Кембриджа и Оксфорда — так мы все шутили и так воспринимали. Николай Николаевич Семенов организовывал новый научный центр в Черногоровке. Но надо сказать, что эту идею осуществить оказалось трудно, потому что столичные ученые первоначально не были настроены уезжать в Московскую область, а уровень провинциальных был не слишком высок. В этой ситуации и Келдыш, и Семенов понимали, что привлечение сильных московских физиков сулит этим центрам большие перспективы. Так оно и произошло. Кроме того, там же, в Черногоровке, академик Георгий Вячеславович Курдюмов вместе с Юрием Андреевичем Осипьяном, своим учеником, начали организацию Института физики твердого тела. Многие из нас были очень близки к этой области физики, и это подкрепляло мою идею перебазироваться в Черногоровку, поближе к Институту физики твердого тела, но как независимое научное учреждение — филиал Института физических проблем.

Я позвонил Николаю Николаевичу Семенову и сказал, что хотел бы с ним встретиться. Тот, конечно, мгновенно догадался зачем. Известно, что Николай Николаевич и Петр Леонидович были друзьями с молодых лет и дружили домами. В этом дуэте Петр Леонидович был старшим. Дело не в разнице в годах, а в том, что Николай Николаевич относился, я это знаю, с большим пиететом к Петру Леонидовичу и рассматривал его как старшего товарища.

Приехал я к академику Семенову домой. Наталья Николаевна угостила нас чаем, мы сидели за большим круглым столом, разговаривали. Кстати говоря,

стол этот был двухэтажный (такие есть во всем мире) — у него была внутренняя вращающаяся часть, на которую ставилось угощение. Такое устройство оказывалось очень кстати в тех случаях, когда гость слишком нажимал на какое-то блюдо. Тогда Наталья Николаевна осторожно поворачивала вращающуюся часть стола так, чтобы отодвинуть от гостя это блюдо.

Разговор получился короткий, Николай Николаевич сразу загорелся этой идеей и заявил, что поддержит наш план создать филиал Института физических проблем в Черноголовке. Заручившись такой поддержкой, я решил поговорить с Петром Леонидовичем.

Он явно не ожидал таких решительных действий с нашей стороны, но сказал, что готов обсуждать эту идею. И мы вскоре встретились втроем — Николай Николаевич, Петр Леонидович и я. Петр Леонидович одобрил эту идею и решил, что мы будем продвигать ее. Однако спустя еще некоторое время неожиданно сказал, что передумал. Мне не оставалось ничего иного, как заявить: тогда мы выделимся в самостоятельный институт.

Я понял, что нам нужна более широкая поддержка, и позвонил Анатолию Петровичу Александрову, который, как известно, был директором Института физических проблем в то время, когда Петр Леонидович находился в опале. У меня было ощущение, что он ко мне довольно неплохо относится. Тогда академик Александров был директором Института им. Курчатова. Он мгновенно согласился меня принять и отнесся к нашей идее создать Институт теоретической физики с большим энтузиазмом. Он по своей привычке потер руки, прежде чем снять телефонную трубку, и позвонил академику-секретарю Отделения общей физики Льву Андреевичу Арцимовичу. Говорит: «Алло, Лев! У меня здесь Халатников. Теоретики, оказывается, хотят организовать свой цыганский табор. Надо им помочь». Авторитет Анатолия Петровича был очень высок, и Лев Андреевич сказал, что поддерживает нас. Таким образом, у нас уже была поддержка Николая Николаевича Семенова, Льва Андреевича Арцимовича и Анатолия Петровича Александрова. Настала пора переходить от слов к делу.

Петр Леонидович нас постоянно учил, а меня можно научить, я до сих пор еще не стыжусь учиться. Так вот, он всегда повторял: «Это только о любви на словах говорят, а о делах надо писать». Я последовал этому совету. Письмо президенту

Академии о необходимости создания Института теоретической физики на базе отдела теоретической физики Ландау было составлено, предстояло собрать подписи.

Я всю жизнь играл открытыми картами и считал бы непорядочным скрывать что-либо от Петра Леонидовича. Поэтому, конечно, сказал, что приготовил такое письмо. Он спросил, кто его подпишет. Я ответил, что Анатолий Петрович Александров, Николай Николаевич Семенов, Лев Андреевич Арцимович. И, естественно, я решил привлечь Георгия Вячеславовича Курдюмова, а также Николая Михайловича Жаворонкова, который занимался организацией в Черноголовке нового химического института. Реакция академика Жаворонкова была весьма нетривиальной: «О! Я эту идею поддерживаю. В России всегда был дух коллективизма, даже в деревне — деревенская община, это очень глубоко в русском народе. Хорошая идея, вы продолжаете традиции деревенской общины». Николай Михайлович вообще был человеком доброжелательным.

Петр Леонидович сказал: «После того, как все подпишут, я тоже подпишу».

О МУШКЕТЕРАХ

Дальше уже завертелась бюрократическая машина. Сначала вопрос решался на Президиуме Академии наук. (Насколько помню, заседание Президиума, на котором было принято решение о создании Института теоретической физики, происходило в день, когда был убит Джон Кеннеди.) Дальше дело должно было поступить на рассмотрение Совета Министров.

Академия тогда еще не стала таким крупномасштабным учреждением, бюрократический аппарат был намного меньше. Организацией нашего института занимался там один человек — начальник планово-финансового управления Павел Гаврилович Шидловский, очень своеобразная личность. В то время руководить таким большим подразделением мог только член партии. Шидловский же был беспартийный, пожилой. Когда я приходил к нему в кабинет, то не раз заставлял его поливающим цветочки. В общем, могло показаться, что он немного не от мира сего. На самом деле это был человек с мертвой хваткой. Он был постоянно связан с одним из помощников А. Н. Косыгина и мог серьезно влиять на развитие событий. Он тоже загорелся идеей помочь нам создать институт.

Наконец, это было уже в 1964 г., в начале августа, раздается звонок от по-

мощника Косыгина. В то время Совет Министров не рассматривал организации институтов численностью меньше 500 человек. Мы, конечно, никогда не имели в виду создавать институт такого грандиозного размера — эти гигантские институты неработоспособны, неконтролируемы. У Петра Леонидовича институт был немногим более 200 человек. Помощник Косыгина был несколько удивлен тем, что в проекте общая численность института составляла 100 человек, из них 75 научных сотрудников. Вот он и спрашивает у меня: «Скажите, пожалуйста, а как обосновывается число — 75 научных сотрудников?» Я ему отвечаю: «Мы предполагаем иметь 15 секторов и в каждом секторе по 5 человек. Если 15 умножить на 5, то будет 75». И почувствовал, что снял с его души огромный груз. Через несколько дней было подписано поручение А. Н. Косыгина Комитету по науке и технике и Президиуму Академии создать такой институт. А 14 сентября 1964 г. появилось совместное постановление за подписью К. Н. Руднева — председателя Комитета по науке и технике — и академика М. Д. Миллионщикова, который в то время замещал Келдыша.

К слову сказать, Мстислав Всеволодович Келдыш с самого начала оказывал нам поддержку. Он, по-видимому, неплохо разбирался в том, кто есть кто в науке, и очень переживал ситуацию, когда, став президентом, лишился возможности заниматься наукой. Это делало его иногда человеком агрессивным. Но к нам он относился доброжелательно.

Дальше возникли проблемы с моим назначением директором института. Было очень сильное сопротивление в Отделе науки ЦК. Вначале даже Мстислав Всеволодович не мог преодолеть это сопротивление. Там не хотели и обсуждать мою кандидатуру. Но в жизни серьезные вещи можно создать, только если имеешь группу единомышленников, пусть небольшую, но готовую сражаться до конца. Когда судили Тухачевского, ему инкриминировали, что он где-то в своем кругу сказал, что если бы у него были три мушкетера, то он запросто захватил бы Кремль. Мой жизненный опыт показывает, что достаточно и одного мушкетера. К сожалению, его не всегда удается найти.

На этот раз три мушкетера были, это мои три товарища: Абрикосов, Горьков и Дзялошинский. Они (об этом я узнал позже) пошли к Келдышу и сказали,

что новый институт, который он поддерживает, будет создан только в том случае, если Халатников будет директором. В противном случае они в этом деле не участвуют.

В это же время произошло историческое событие: 14 октября состоялся знаменитый пленум ЦК, на котором сняли Никиту Сергеевича Хрущева. Среди обвинений против него, которые излагал Суслов, было и разрушение связей с Академией наук. На следующий день после этого пленума Отдел науки ЦК затребовал мое дело. (Опять корреляция с историческим событием.) В конце концов в начале 1965 г. согласие было получено, и я был назначен директором института.

КАК ФОРМИРОВАЛАСЬ ГВАРДИЯ

Итак, мы начали собирать гвардию, из которой хотели создать костяк института. Вместе со мной из теоретдела пришли Абрикосов, Горьков, Дзялошинский. Питаевский остался в Институте физических проблем вместе с Евгением Михайловичем Лифшицем (в это время они продолжали писать курс Ландау — Лифшица, уже без Ландау). Мы, естественно, хотели, чтобы к нам присоединился наш аспирант (к тому времени защитившийся) Александр Федорович Андреев, но он был самым тесным образом связан с экспериментальными лабораториями. Его уход был бы очень чувствителен для Института физических проблем.

Мы пригласили Валерия Леонидовича Покровского из Новосибирска, который уже с 57-го года близко сотрудничал с теоретическим отделом Ландау, развивая идею масштабной инвариантности. В Черноголовку переехал из Киева Эммануил Иосифович Рашба — специалист по физике полупроводников, а из Ленинграда — Герасим Матвеевич Элиашберг, внесший существенный вклад в физику сверхпроводимости. Вскоре к нам присоединился Анатолий Иванович Ларкин из Курчатовского института, а затем — Аркадий Бенедиктович Мигдал. Из Минска был приглашен специалист по гидродинамике и лазерной физике Сергей Иванович Анисимов. Позже у нас стали работать Владимир Наумович Грибов и Владимир Евгеньевич Захаров. Постепенно мы как бы заполнили все ниши теоретической физики, получив специалистов-лидеров в каждой из ее областей: физике твердого тела, ядерной физике и теории поля, физике полупроводников, теории фазовых переходов, гидро-

динамике, теории гравитации. В институте почти с самого начала стали работать два выдающихся математика — Сергей Петрович Новиков и Яков Григорьевич Синай, которые обладают замечательным качеством — понимают язык физиков. Поэтому у нас получался полный ансамбль.

Дальше мы уже расширялись за счет студентов физико-технического института, где с этой целью удалось создать кафедру проблем теоретической физики. Студенты, которые хотели поступить на нашу кафедру и работать с нами, должны были сдать все экзамены теоретического минимума Ландау.

На первых порах у нас в институте была установлена демократическая республика. Все вопросы, даже самые повседневные, решались коллективно на ученом совете, в который входили заведующие секторами, т. е., поскольку сектора были маленькие, все ведущие сотрудники. Скоро выяснилось, что такая бескрайняя демократия нежизнеспособна. У нас собрались крупные личности, характеры, и каждый желал высказать и отстаивать свою собственную, оригинальную точку зрения по каждому вопросу, что и привело к тому, что ни один вопрос нормально решить было невозможно. Как-то ко мне пришла делегация наших «сеньоров» и попросила прекратить обсуждения практических дел на ученом совете, оставив за ним право решать только научные вопросы. Так закончилась «демократическая эра».

В Академии наук существовала тенденция проверять, как научные сотрудники ходят на работу. Мне пришлось издать приказ, действующий и по сей день, в котором было написано, что в связи с недостатком рабочих мест (это чистая правда до сих пор) научным сотрудникам разрешается работать на дому.

С самого начала я понял: чтобы создать хорошо работающий институт и проводить в нем правильную научную и кадровую политику, нужно поменьше спрашивать у вышестоящих. Поэтому у нас установился дружеский нейтралитет с вышним начальством. Я был директором института в течение 28 лет, и за все это время меня ни разу не пригласили в Отдел науки ЦК и не присылали оттуда или из другого учреждения такого рода никаких указаний. Я сразу решил, что могу брать ответственность на себя, кого принимать на работу, кого не принимать. В конце концов наверху к этому привыкли. И поскольку наш институт не создавал для них

проблем, идеологических в частности, то они были довольны.

Нужно сказать, что бюрократическая верхушка, так называемое начальство, не очень любит брать на себя ответственность — это один из тормозов бюрократической системы. Они были счастливы, что ответственность за все решения я брал на себя, и закрывали глаза на то, что я делал не по канону. Думаю, что благодаря этому мы смогли добиться крупных успехов.

Прием на работу, прием в аспирантуру решался на ученом совете тайным голосованием. Правила были жесткие — будущий сотрудник должен был набрать две трети голосов списочного состава ученого совета. А так как сто процентов его членов присутствовало далеко не всегда, то на деле достаточно было одного-двух голосов «против», чтобы кандидатура не утверждалась. Такая строгая система отбора постепенно помогла создать сильный коллектив, в котором была исключительная рабочая атмосфера. Каждая работа докладывалась на ученом совете, поэтому все могли видеть, как человек работает. А кому не с чем было прийти на ученый совет, тот чувствовал себя не очень комфортно. Некоторым людям мы помогали перейти в другие институты.

«ЛАНДАУ — НАШ УЧЕНЫЙ ИЛИ...?»

Мы все преподавали либо в университете, либо в Московском физико-техническом институте, и вся школа Ландау была построена на хорошо организованной системе отбора талантливых молодых людей и привлечении их в аспирантуру, на обучение их. Поэтому сразу же после организации института мы решили создать кафедру Московского физико-технического института с тем, чтобы наш институт был для него базовым и чтобы мы могли там отбирать студентов.

МФТИ был организован специальным декретом, подписанным Сталиным. Документ был секретный. Предполагалось, что там будут готовить специалистов, связанных с учреждениями оборонного значения. В то время, когда мы создавали свою кафедру, году в 65-м, этот шаг требовал решения Военно-промышленной комиссии Совета Министров.

У меня не было непосредственных выходов ни на Военно-промышленную комиссию Совета Министров, ни на Совет Министров. К кому обращаться? Оставалось



Сотрудники теоретдела (за исключением экспериментатора Л. А. Прозоровой, слева). В первом ряду: А. А. Абрикосов, И. М. Халатников, Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Стоят: С. С. Герштейн, Л. П. Питаевский, Л. А. Вайнштейн, Р. Г. Архипов, И. Е. Дзялошинский.

аукать на Красной площади. Помог отец нашего студента Владимир Константинович Бялко, который вывел меня на генерала Назарова. Александр Александрович Назаров работал в Управлении делами Совета Министров у Косыгина и готовил всевозможные документы. Мы договорились, так сказать, о сценарии — как будем действовать. Естественно, за подписью Мстислава Всеволодовича Келдыша, президента Академии, в Совет Министров был направлен документ о создании кафедры в Московском физико-техническом институте. Дальше этот документ стал гулять по канцеляриям различных министерств. Периодически генерал Назаров мне сообщал, скажем, следующее: «Сейчас документ находится в Госплане; вам надо сходить к заместителю председателя Госплана такому-то, он вас примет». Я ходил и, как правило, всюду встречал доброжелательный прием. И вообще надо сказать, что та верхушка нашего правительства — это были люди довольно широкого видения и доброжелательные.

Самым «узким местом» оказалось Министерство финансов. Я получил информацию от Назарова, что Минфин подготовил отрицательное заключение на предложение Академии наук о создании нашей кафедры. Это было серьезное препятствие, но, как считал генерал Назаров, он найдет способ с ним бороться. А пока, по его совету, я попросился на прием к заместителю министра финансов Марии Львовне Рябовой, поскольку она курировала науку и культуру.

Это была невысокого роста хрупкая женщина. Когда я к ней пришел, она вызвала своего помощника. Помощник, огромный мужчина, пришел с отрицательным заключением. Основной мотив был: «как же так, возникнет неконтролируемое совместительство». Преподавание предполагалось не в учебном, а в базовом институте. А как же нас проконтролировать, когда мы обучаем, а когда мы не обучаем?.. Выслушав этого самого чиновника, Рябова дала указание: «Перепишите и дайте положительное заключение».

Я до этого рта не открывал. Собираясь на прием, я, естественно, несколько нервничал и думал, как себя повести. Допустим, она скажет, что у нее уже отрицательное заключение, — и все. На этой ноте закончить разговор будет как-то не очень удобно. Поэтому я решил так: возьму книжку о Ландау Майи Бессараб

и при расставании с Рябовой, чтобы смягчить финал, подарю и скажу: «Вот книжка о Ландау, а мы — его ученики и создали институт, который будет продолжать его традиции». Неожиданно все решилось положительным образом в результате некой пантомимы, но я подумал, что и в таком случае преподнести книгу вполне уместно. Я сказал: «Вот книга о нашем учителе, Ландау». И здесь последовала довольно неожиданная реакция. Рябова спросила меня: «Это наш ученый или зарубежный?..»

Я вспоминаю свой визит к Рябовой с известным даже удовольствием, потому что она проявила уважение к науке и приняла правильное решение.

РОЛЬ СЛУЧАЯ В РАЗВИТИИ МЕЖДУНАРОДНЫХ КОНТАКТОВ

Теоретическая физика, как и всякая наука, интернациональна, и внешние связи играли для нас важную роль. Мы знали, какие препятствия чинятся со стороны разных организаций при оформлении поездок за рубеж, однако трудности, по моему убеждению, создавались не только сверху, но и внутри учреждений, в частности, со стороны партийных организаций. Но у нас в институте таких внутренних трудностей не было (сказался отбор кадров). И уже благодаря этому с самого начала сотрудники института понемногу стали ездить за рубеж.

Некий качественный сдвиг в наших международных связях произошел в 1968 г. Однажды меня пригласил вице-президент АН СССР Борис Павлович Константинов. Он только что приехал из Соединенных Штатов. Американские физики-теоретики просили его организовать совместный советско-американский симпозиум, сначала это называлось — по теории металлов, потом — по теории конденсируемых сред. Он пообещал. И они договорились провести его в Советском Союзе.

У академика Константинова в кабинете находился зам. начальника Управления внешних сношений АН Анисим Васильевич Карасов, который объяснил, что раз такого симпозиума не было в плане международных связей, то он на себя решение вопроса взять не может. Начали звонить наверх. Звонили долго. Щербаков из отдела науки ЦК сказал, что нет, такой вопрос он решить не может, надо спрашивать выше. В конце концов начали звонить секретарю ЦК Б. Н. Пономареву, которого на месте не оказалось. Видя, что Констан-

тинов попал в сложное положение, я решил ему помочь, применив свой уже испытанный метод. «Знаете что, Борис Павлович,— говорю,— я возьму ответственность на себя. Пошлю американцам приглашение, начнем такой симпозиум, ну а в случае, если верховное начальство заявит, что не согласно, то я скажу, что неправильно вас понял». Все облегченно вздохнули. Борис Павлович и Карасов пожали мне руку со словами: «С Богом, начинайте».

Так было положено начало одной из самых успешных программ сотрудничества, которые функционировали в тот период, между нашей Академией и Национальной академией наук США. С конца 60-х до конца 70-х годов мы провели 10 таких симпозиумов поочередно в Советском Союзе и в Соединенных Штатах. На этих симпозиумах встречались специалисты самого высокого калибра. В делегации, естественно, включались не только сотрудники Института теоретической физики, но и физики-теоретики других институтов. Каждый раз удавалось обновлять состав участников, и таким образом расширялся круг «выездных». Было такое понятие. Если ученому один раз позволили выехать за рубеж, то дальше он переходил в новое состояние — «выездного». Важно было в первый раз преодолеть барьер.

Система советско-американских симпозиумов позволила, по существу, организовать коллективное прохождение через этот барьер. Со стороны гадали, по каким таким причинам из нашего института за рубеж ездит больше, чем из других. Существовали даже разные легенды. Но никаких специальных причин не было, просто мы проводили правильную политику в этом деле, чему способствовала доброжелательная обстановка в самом институте.

Международное общение сыграло очень важную роль. наших специалистов узнали на Западе. Идеи зарубежных ученых быстро становились известными нам, что очень способствовало успешной работе института. Польза оказалась взаимная. В 1971 г. симпозиум, помнится, происходил в Ленинграде. Американская делегация была представлена знаменитыми учеными, среди них был Кеннет Вильсон. Именно на этом симпозиуме он впервые излагал идеи дробного измерения пространства, которые позволили ему в дальнейшем решить задачу фазового перехода второго рода, за что он получил Нобелевскую премию. Но, вообще говоря, эта

THE BEST OF SOVIET SCIENCE: HIGH-IMPACT INSTITUTIONS

Rank	Institute	No. Papers	No. Citations	Citation Impact
1.	L.D. Landau Institute of Theoretical Physics, Moscow	1,254	19,896	15.86
2.	Theoretical and Experimental Physics Institute, Moscow	1,001	13,324	13.31
3.	M.M. Shemyakin Institute of Bioorganic Chemistry, Moscow	1,203	10,490	8.71
4.	P.N. Lebedev Physics Institute, Moscow	4,615	32,742	7.09
5.	I.V. Kurchatov Institute of Atomic Energy, Moscow	1,312	11,246	6.20
6.	N.D. Zelinsky Institute of Organic Chemistry, Moscow	1,408	8,647	6.14
7.	Joint Institute for Nuclear Research, Dubna	2,729	16,702	6.12
8.	A.F. Ioffe Physicotechnical Institute, Leningrad	5,539	28,153	5.08
9.	Moscow M.V. Lomonosov State University, Moscow	16,952	82,080	4.84
10.	L.V. Karpov Physicochemical Research Institute, Moscow	2,165	9,964	4.60

Фрагмент из журнала «The Scientist» (1990, February, 19). В таблице представлены наиболее результативные из советских научно-исследовательских институтов за период 1973—1988 гг. Последовательно указаны их рейтинг, название, число опубликованных работ, число ссылок на них и главный показатель — отношение этого числа к предыдущему. На первом месте — Институт теоретической физики им. Л. Д. Ландау.

работа обкатывалась на нашем симпозиуме, это был один из его продуктов. Есть и другие прекрасные результаты, которые впервые обсуждались на наших симпозиумах. Я повторяю, что по отчетам Национальной академии наук США это была лучшая совместная работа двух академий в течение 10 лет.

А дальше произошло вот что. Война в Афганистане привела к новому витку «холодной войны». Прямые контакты с американскими учеными вроде бы и прекратились. Однако — на войне как на войне. Мы применили обходной маневр. Установили прямой контакт с Институтом Нильса Бора и Институтом теоретической

физики скандинавских стран в Копенгагене (NORDITA). И уже с ними проводили совместные симпозиумы поочередно в Копенгагене и Москве. Обычно на них присутствовало большое количество американских ученых. Таким образом, с помощью небольшой хитрости, мы обошли формальные трудности, которые создавались, в основном, американской стороной. Так продолжалось примерно до конца 80-х годов. Один из наших симпозиумов мы проводили на озере Севан, в Армении. Он продолжался долго, почти целый месяц, был очень успешным и оставил у всех воспоминание как о счастливом времени творчества.

ОКНО В ЕВРОПУ И ЦЕЛЫЙ МИР

Американский журнал «The Scientist» в 1990 г. опубликовал таблицу десяти лучших научно-исследовательских учреждений Советского Союза. В это время уже началась так называемая «утечка мозгов», и в связи с этим американцы усилили внимание к уровню науки в Советском Союзе. В эту таблицу вошли Московский

университет, Объединенный институт ядерных исследований в Дубне, Физический институт им. П. Н. Лебедева АН, Физико-химический институт им. Л. Я. Карпова, Институт теоретической и экспериментальной физики, т. е. крупномасштабные учреждения. В этом списке лучших институтов оказался и Институт теоретической физики им. Л. Д. Ландау. Отбор производился по индексу цитирования, в рассмотрение включались институты, которые превзошли некий порог по числу публикаций. Так вот, среди десяти лучших институтов Советского Союза Институт теоретической физики, получивший в 1968 г., после смерти Ландау, его имя, был поставлен на первое место. Средний индекс цитирования — больше 16. Замечу, что институты, которые оказались на последних местах в десятке лучших, имели индекс около 4. Отрыв в 4 раза! Эта публикация создала дополнительную рекламу нашему институту.

К 1989 г. в Институте им. Л. Д. Ландау работало уже 11 членов нашей Академии наук. Для маленького научного института, в котором работало тогда 70 научных сотрудников, это довольно высокий процент. Таким образом, наши успехи были признаны и в стране, и за рубежом.

Начиная с 1989 г. мы почувствовали разрушительное действие «утечки мозгов». Страна открылась, поездки стали свободными, а многие из наших ученых, даже молодые, имели мировое имя. К этому времени у нас образовалось три поколения учеников, это уже были не ученики Ландау, а, как их называли, представители школы Института Ландау. Институт приобрел большую популярность, американские университеты начали охоту за нашими учеными. Вошло в моду приглашать кого-нибудь из Института Ландау — это привлекало и американских ученых, и студентов.

Институт начал терять своих лидеров, которые уезжали в США на постоянную работу. Это предвещало конец. Когда мы потеряли Ландау, мы его заменили группой лидеров, но если распадается коллектив лидеров, то у института уже нет своего лица. Стали думать, как спасти институт. Все понимали, что наилучшее решение проблемы — это сделать так, чтобы наши ведущие ученые, которых привлекает работа на Западе, половину времени проводили там, а половину — в институте, поддерживая связь с коллективом сотрудников, со студентами. Потеря лидеров означает не просто потерю ЛИДЕРОВ, это потеря тех учителей, которые могут

подготовить будущих ученых, это потеря студентов, потому что лидеры привлекают молодежь. Стали думать, как создать такую систему, при которой ученые могли бы только половину времени проводить на Западе, а половину в своем институте.

Первый план состоял в том, чтобы создать филиал Института Ландау в Турине, где был небольшой институт без постоянного состава. На базе этого института можно было бы организовать наш филиал, где полгода работала бы одна команда, примерно из 10 человек, а полгода — другая. Нечто вроде вахтового метода. Турин казался удачным выбором — это центр Европы, близкий от других научных центров — от Гренобля, Цюриха, Парижа и т. д. И, кроме того, мне казалось важным, что это Европа. Мне не хотелось, чтобы наши ученые уезжали за океан, откуда по разным причинам гораздо сложнее возвращаться.

У нас было очень лестное предложение от американского университета в Техасе. Нам предлагали на такой «вахтовой» основе шесть позиций заслуженных и десять — ординарных профессоров. Мы предпочли Турин и отправили туда первую классную группу специалистов по сверхпроводимости. Я не был уверен, что вахтовая работа в США не превратится в постоянную.

К сожалению, в туринском институте дело оказалось недостаточно хорошо организовано. Европейские и даже итальянские ученые не были привлечены к деятельности этого центра. Кстати говоря, на Западе нет таких традиций коллективного труда, какие были в нашей стране. Там не принято обмениваться своими идеями, обсуждать предварительные результаты. Интерес к чужим работам отсутствует, и некоторые ученые, осевшие на Западе, жалуются на свое одиночество, вспоминая золотое время в Институте Ландау, где была творческая атмосфера и товарищи, которые проявляли искренний интерес к их работе.

Наша итальянская программа проработала полгода, а затем стало ясно, что у организаторов нет средств. Между тем вторая смена из 10 человек уже была готова выезжать. Я оказался в сложном положении: зря взбудоражили людей, вместе с их семьями. И тогда я решил и послал факс Даниэлю Тулузу, директору департамента физики Французского национального совета научных исследований (CNRS), с которым я до этого



И. М. Халатников в Государственном астрономическом институте на семинаре, посвященном памяти Я. Б. Зельдовича. 5 декабря 1988 г.

Фото В. И. Егудина

говорил лишь однажды. Основной аргумент, который я использовал в обращении к Даниэлю Тулузу, сводился к тому, что советская наука (включая Институт Ландау) — часть европейской культуры, и поэтому «утечка мозгов» из нашей страны разрушает также и европейскую культуру. Почву я нащупал верно, потому что французы очень ревниво относятся к тому, что американцы перекупают всех ученых, в том числе и французских.

Через месяц, вернувшись из отпуска, я обнаружил, что у меня дома непрерывно звонит телефон — мне хотели сообщить, что французское правительство нашло средства и готово принять нашу вторую смену, которую мы подготовили для Италии. Это было в августе 1990 г., а в январе 1991 г. наша вторая «итальянская» смена выехала во Францию. Группа была смешанная. В нее входили и математики, такие, как Сергей Петрович Новиков, и астрофизики, и наши крупные специалисты по физике низких температур. Эта группа очень успешно проработала полгода во Франции.

В 1990 г. делегация Академии наук ездила в Израиль вести переговоры о сотрудничестве. Ко мне обратился президент Вейцманского института с предложением создать и у них филиал. Вопрос решился буквально на лестнице, за 5 минут. И уже в 1992 г. такой филиал начал работать.

Программа действовала три года в зимний период. Особенно результативной оказалась последняя смена, когда совместными усилиями были достигнуты большие успехи в теории турбулентности. И сейчас эти филиалы успешно функционируют, хотя не по той строгой схеме, которую я задумывал.

ДЕНЬ СЕГОДНЯШНИЙ

Значительное количество наших ведущих ученых получили постоянные позиции в Соединенных Штатах, Израиле, Германии и во Франции. Многие ездят по программам, которые мы начинали как филиалы. И в конечном счете сейчас на наших заседаниях ученого совета собирается иногда только треть его численного состава. Но работа продолжается, хотя и не на таком уровне, не при такой «температуре», как в годы расцвета института.

Теперь хотелось бы сказать о некоторых опасных тенденциях развития теоретической физики. Они наблюдаются не только у нас, но и в Европе, и в Соединенных Штатах — это чрезмерная математизация теоретической физики. Возникает опасный разрыв между теоретической и экспериментальной физикой.

В США это уже привело к некоторым плачевным результатам. Там возник конфликт между специалистами в области

физики высоких энергий, на которую требуются очень большие затраты (строительство дорогих ускорителей), и остальной наукой, в частности учеными, которые работают в других областях фундаментальной физики. Этот конфликт был перенесен в залы конгресса США и закончился тем, что конгресс прекратил ассигнования на строительство сверхпроводящего суперускорителя, на которое уже были затрачены миллиарды долларов. Но сэкономленные деньги не дали тем физикам, которые боролись со строительством ускорителя. Вся эта дискуссия привела к тому, что конгресс вообще решил обрезать ассигнования на фундаментальную науку. Это урок: такие дискуссии ученые должны вести между собой, в своей среде, не вынося их на суд общества.

Внутри физического сообщества реакция на физиков, которые сильно математизировались и оторвались от жизни, в основе правильная. Потому что физикам приходится постоянно доказывать и научной, и широкой общественности важность своей науки для технического прогресса. В настоящее время это требует новых подтверждений.

Когда мы организовывали наш Институт теоретической физики, высказывались сомнения: не потеряем ли мы связи с экспериментальной физикой, не ударимся ли мы в схоластику. Но этого не произошло, и это — главное достижение института. Петр Леонидович Капица сказал мне как-то лет через 10 после организации института: «Вы правильно поступили, что создали институт». И добавил: «Но надо было его создавать не в Черногловке, а в Москве». Эти слова Петра Леонидовича были для меня высшей похвалой.

В связи с этим необходимо отметить, что связь Института Ландау с Институтом Капицы всегда была и остается самой тесной. Петру Леонидовичу долго было трудно понять, почему талантливые люди покинули лучший институт. Это — как известная проблема отцов и детей. Но Капица проявил необыкновенную щедрость души. Редко остаются хорошие отношения после развода. У нас это получилось. Я часто бывал дома у Петра Леонидовича, иногда мы играли в шахматы, о тех встречах остались самые теплые воспоминания. Но главное — Петр Леонидович разрешил нам сохранить московскую штаб-квартиру у него в институте. Благодаря этому мы сохранили не только все связи с Институтом физических проб-

лем, но и с другими интересными для нас институтами. По сей день в Институте физических проблем продолжаются наши семинары.

Институт физических проблем остается для наших сотрудников своего рода научным клубом, куда они могут прийти в любой день, могут пользоваться первоклассной библиотекой со свежими журналами. Все свои международные мероприятия, когда Черногловка была закрыта для иностранцев, мы тоже проводили в Институте физических проблем. Таким образом, наша база в Москве всегда имела для нас жизненно важное значение. Во всем мире наш адрес известен как: «Москва, ул. Косыгина, д. 2» — это адрес института, который носит теперь имя П. Л. Капицы.

СТАВКА — НА МОЛОДЕЖЬ

В нынешних условиях, когда Институт теоретической физики довольно сильно пострадал от «утечки мозгов», ставка должна делаться на молодежь. Основным источником, откуда мы черпали свежие кадры, всегда был Московский физико-технический институт.

Несмотря на старания реформаторов, у нас в стране образование еще не разрушено. Наша система высшего образования лучше западной. И наши студенты в результате строгого отбора, который все еще существует, по своим природным данным и изначальной подготовке превосходят зарубежных.

Поэтому я считаю, что, имея хороших студентов Московского физико-технического института, мы должны постараться их сохранить в нашей аспирантуре и доучить до уровня кандидатов наук (или Ph.D. на Западе).

К нам по-прежнему идут студенты. Это можно отнести на счет высокого рейтинга нашего института, но, нечего закрывать глаза, несомненно и то, что они рассматривают наш институт как подходящий трамплин для того, чтобы затем найти хорошие позиции на Западе. Что ж, если даже они распространятся по всему миру, то понесут традиции школы Ландау по всему миру. Поэтому наша задача — дать им возможность доучиться.

Одним из первых шагов в этом направлении стало учреждение стипендии имени Ландау. В 1992 г. я как Гумбольдтовский лауреат работал в Германии, где встретился с директором большого атомного центра в Юлихе, недалеко от Кель-

на. Фамилия его Тройш. Это человек, во-первых, широкого видения и, во-вторых, способный принимать решения.

Он согласился выделить нам определенные средства, и мы вместе решили, что на эти средства учредим примерно 25 стипендий для аспирантов-теоретиков из трех физических институтов: Института им. Л. Д. Ландау, Института им. П. Л. Капицы и Института им. П. Н. Лебедева. Стипендии эти назначаются специальной комиссией в результате конкурса. Возглавил это дело профессор Г. Эйленбергер, теоретик из Юлиха.

Мы не подписывали никаких документов, но вот уже три года как эта система успешно функционирует. Размер стипендии примерно соответствует сегодняшней зарплате профессора в России. Женатым добавляется еще 50 %, и на каждого ребенка столько же. Эти стипендии появились раньше, чем стипендии Сороса и другие. Я думаю, что такого типа инициативы необходимы, чтобы сохранить нашу талантливую молодежь и научить ее.

Каковы перспективы института? Наши бывшие сотрудники, которые теперь имеют постоянные позиции на Западе, — я их называю легионерами (как футболистов, играющих в чужих командах) — не порывают связь с институтом. Многие приезжают сюда в отпуск, чтобы участвовать в летних конференциях, которые мы проводим в институте. Формально они находятся как бы в командировке, причем многие относятся к этому очень серьезно. Недавно я видел заявление одного из наших сотрудников, который просит продлить ему командировку до 1998 г. Вот так — у нас уже есть документ, что институт просуществует до 1998 г. Это, мне кажется, хороший знак. Может быть, будут заявления и на более поздний срок. Это показывает, что надежду не потеряли как те, кто работает здесь, в стране, так и те, кто уехал.

В жанре юбилейных заметок

М.А.Федоров,

доктор физико-математических наук

Всероссийский научно-исследовательский институт "Альтер"
Москва

Далекой весной 1965 г. я заканчивал Московский физико-технический институт и к тому времени уже сдал большинство экзаменов теорминимума. В один из майских дней до меня дошла весть, что мною интересуется И.М.Халатников. Незамедлительно еду в Институт физических проблем. Исаак Маркович был краток: "Мы посмотрели список сдающих минимум. Предлагаем вам поступить в аспирантуру Института теоретической физики. Вопрос — кто будет вашим руководителем. С вами поговорит Горьков". Так я оказался в первом наборе аспирантов ИТФ. Были приняты четыре человека:

В.А.Белинский — к И.М.Халатникову, Ю.М.Брук — к Ю.А.Бычкову, И.А.Фомин — к Л.П.Питаевскому и я — к Л.П.Горькову. Точнее, мы стали аспирантами Московского физико-технического института, прикомандированными затем к ИТФ, так как фактически аспирантуры там еще не было. В мае 1965 г., когда все это происходило, в ИТФ официально числился только один научный работник — директор института И.М.Халатников, назначенный на эту должность в начале года и приступивший к своим обязанностям 3 мая 1965 г., о чем гласил приказ по ИТФ № 1 от этого числа.

Предысторией ИТФ можно считать попытку создания аналогичного института, ко-

торая была предпринята в 1931 — 1932 гг. молодыми теоретиками М.П.Бронштейном, Г.А.Гамовым и Л.Д.Ландау. Они выступили с предложением организовать на базе физического отдела Физико-математического института (ФМИ) Институт теоретической физики¹. В те годы ФМИ, находившийся в Ленинграде, был единственным физическим институтом Академии наук. Он напоминал маленькое зарубежное институты типа Института теоретической физики Макса Борна в Геттингене или Института Нильса Бора в Копенгагене.

Главным действующим лицом в этой истории был, напомним, Гамов, который, в частности, разработал план института теоретической физики АН СССР, включавший четыре направления исследований: теорию строения атомного ядра (радиоактивность, ядерная энергия), теорию строения атомов и молекул (молекулярные пучки, химические реакции), теорию твердого тела (магнетизм, электропроводность, фотоэффект) и теоретическую астрофизику (внутреннее строение звезд, вопросы космологии). Однако и сама идея создания такого института, и приведенный план не были поддержаны в Академии наук.

Самый молодой из троих инициаторов, Ландау, выступил с резкой контркритикой отрицательного заключения А.Ф.Иоффе по плану ИТФ, усугубив эту критику напоминанием о неудаче с работами Иоффе по тонкослойной изоляции. (Последней из "ленинградских" работ Ландау стала выполненная совместно с Л.Розенкевичем и опубликованная в "Zeitschrift für Physik" в 1932 г. статья "О теории электрического пробоя А.Иоффе", содержащая критику этой теории.) Для Ландау результатом этого и некоторых других столкновений трех молодых ученых с физиками старшего поколения явился его переезд осенью 1932 г. в Харьков, где он проработал следующие пять лет, оказавшиеся одним из основных этапов его научной и педагогической работы.

И вот, после 30 с небольшим лет, идея создания Института теоретической физики вновь возродилась и на этот раз была вопло-

щена в жизнь. В соответствии с поручением Совета Министров СССР Государственный комитет по координации научно-исследовательских работ и Президиум Академии наук приняли совместное постановление от 14 сентября 1964 г. № 215/17 "Об организации Института теоретической физики АН СССР". Через четыре года институту было присвоено имя Л.Д.Ландау.

В научной литературе название института впервые появилось в середине 1965 г. В "Письмах в ЖЭТФ" первой статьей от ИТФ была работа Ю.А.Бычкова, Л.П.Горькова и И.Е.Дзялошинского "Об одномерной сверхпроводимости", поступившая в редакцию 15 июня 1965 г., а в ЖЭТФ — И.М.Халатникова и Д.М.Черниковой "Релаксационные явления в сверхтекучем гелии", поступившая в редакцию 26 июля 1965 г.

На конец 1965 г. в ИТФ числилось всего девять научных работников: И.М.Халатников, Ю.А.Бычков, Г.М.Элиашберг, И.Е.Дзялошинский, А.А.Абрикосов, Л.П.Горьков, Д.М.Черникова, Г.В.Рязанов и С.И.Анисимов, перечисленные здесь в порядке регистрации в журнале трудовых книжек сотрудников ИТФ.

Заседания совета института довольно длительное время проходили на квартире Бычкова, как говорилось, "на лежбище", поскольку участники заседаний располагались преимущественно на полу за неимением нужного количества стульев. Вспоминаю, как однажды на таком заседании обсуждался вопрос: "О критериях, которым должен удовлетворять претендент на должность старшего научного сотрудника ИТФ". В качестве одного из условий устанавливалось определенное число научных работ, соответствующих уровню доктора наук. Но возникли затруднения в выработке критерия для работ, соответствующих этому уровню. Во время обсуждения даже делались попытки привести примеры докторов, научные работы которых не дотягивают до такой планки.

Одним из первых "массовых" мероприятий стала поездка осенью 1965 г. в Телави на Школу по дефектам в кристаллах. Насколько я могу судить, именно в Телави Горьков впервые обсуждал с Элиашбергом метод выполнения аналитического продолжения в задаче расчета поглощения излучения в плазме с целью применения этого метода в сверхпроводниках. Так по дороге на пикник

¹ См. Горелик Г.Е., Савина Г.А. Г.А.Гамов... заместитель директора ФИАН // Природа. 1993. № 8. С.82–90; Френкель В.Я. Георгий Гамов: линия жизни 1904–1933 (К 90-летию со дня рождения Г.А.Гамова) // Успехи физ. наук. 1994. № 8. С.845–866.

был намечен подход к задачам по нестационарной сверхпроводимости.

После того, как дорога в Черногоровку была освоена теорфизическим сообществом (иными словами, пассажиры еженедельного автобуса могли уже идентифицировать мелькающие за окном автобуса деревни), заседания совета стали более многочисленными и проходили, как правило, в конференц-зале сначала Института химической физики, а затем Института твердого тела в один и тот же, неизменный по настоящее время, день недели — по пятницам. Кстати, это обстоятельство дает возможность сделать грубую оценку общего числа публикаций ИТФ за прошедшие годы: принимая число "рабочих" пятниц в году равным 40, а среднее число докладов на совете равным трем, получаем за тридцать лет — более 3000 публикаций.

Научная деятельность время от времени сопровождалась различными культурными мероприятиями. Одно из них — пятидесятилетие И.М.Халатникова, отмеченное в октябре 1969 г. с большим размахом. Помимо всего прочего был организован аукцион по распродаже "вещей с царского плеча". Вещи — различные предметы из гардероба юбиляра: старый пиджак, помятая шляпа, один ботинок и т.п. были выставлены для обозрения в виде чучела. Разыгрывались "лоты", включавшие и "нематериальные" призы. Можно было выиграть "проникновенный взгляд Исаака Марковича" или "рукопожатие И.М." и здесь же в зале получить их лично от юбиляра.

Возвращаясь к науке. В июньском номере "Вестника АН СССР" за 1966 г. вышла программная статья И.М.Халатникова "Задачи Института теоретической физики". Основные предполагавшиеся направления связывались с теорией твердого тела, включая, в соответствии с традицией школы Ландау, теорию сверхпроводимости, электронную теорию металлов и теорию магнетизма, а также теорию полупроводников. В числе других направлений отмечались вопросы физической гидродинамики и теории горения, исследования по квантовой теории поля, физика плазмы и проблемы космологии. Отдельно подчеркивалась проблема фазовых переходов второго рода.

Таким образом, на момент организации ИТФ наибольшее развитие получал один из четырех пунктов плана Гамова — теория

твердого тела. Немаловажную роль в этом играл проходивший в то десятилетие процесс необычайно широкого и плодотворного применения методов квантовой теории поля в статистической физике и, в частности, в теории сверхпроводимости. Что касается трех других направлений плана Гамова, то к этому времени они уже давно развивались специализированными институтами Минсредмаша и Академии наук.

Время становления института в 60-е годы пришлось на период своеобразного триумфа физики. Только что, в 50-е годы, успешно закончился двадцатипятитлетний этап бури и натиска во всех областях физики, причастных к высвобождению и освоению ядерной энергии. Организационная пружина несколько ослабла, но темп работы не снижался. Десятилетие 60-х принесло не менее впечатляющие результаты.

В астрофизике оно вместило в себя открытие квазаров, пульсаров, рентгеновских источников и микроволнового фонового излучения — явлений, потребовавших для своего описания синтеза таких далеких друг от друга разделов физики, как физика низких температур и теория гравитации, и послуживших основой для качественно нового этапа понимания космологических явлений — этапа, когда можно "на пальцах" объяснить всю картину эволюции Вселенной от первых секунд Большого взрыва до настоящего времени.

В физике элементарных частиц фундаментальные открытия двух типов нейтрино, экспериментальное подтверждение кварковой гипотезы и построение теории электро-слабого взаимодействия стали решающим шагом к так называемой "стандартной модели" — одного из основных фрагментов современной картины мира.

И, наконец, в физике излучения в эти же годы был открыт лазерный эффект, приведший к революции в оптике, а в физике твердого тела после долгожданного объяснения явления сверхпроводимости на качественно новом уровне оказалось понимание макроскопических квантовых эффектов, их глубокой связи с физикой элементарных частиц и их необычных проявлений в астрофизике.

В эти и последующие годы древо исследований, проводившихся в ИТФ, также стремительно разрасталось, охватывая перспек-

тивные направления собственно теоретической физики и проникая в приграничные области различных естественных наук, таких как математика, биология и др., вплоть до своеобразных вопросов математической тектологии — изучения статистических закономерностей, которые лежат в основе структуры числовых коэффициентов, встречающихся в научных публикациях.

Настоящие заметки не ставят своей целью давать сравнительную оценку этих направлений, анализировать полученные результаты и вообще подводить итоги деятельности ИТФ за прошедшие 30 лет. Однако неосомненно, что на протяжении этих лет институт сохранял тот уровень высокого научного стандарта, который был характерен для школы Ландау, и в этом причина того, что сейчас ИТФ — один из ведущих мировых центров теоретической физики.

После защиты кандидатской диссертации в начале 1972 г. моя линия жизни претерпела излом. Я перешел на работу во ВНИИ "Альтаир" (НИИ-10 по классификации послевоенного периода), где оказался, как говорится, "в нужном месте в нужное время". Там, в "Десятке", проходила своеобразная перестройка, вызванная внедрением новых физических открытий в прикладную науку. Круг задач, с которыми я столкнулся, по своей широте, конечно, уступал известному курсу Л.Д.Ландау и И.М.Лифшица, но потребовал знания всего: от "заурядной" упругости материалов до проблематичных вопросов удержания нейтрино в замкнутом объеме (в интересах разработки системы локации источников этих нейтрино).

Вот здесь и пригодилась школа ИТФ: широта — до необъятности, постановка и решение конкретных задач — максимально эффективные, научная честность — порой доходящая до абсурда. Но мне пришлось учиться еще очень многому. Прежде всего — подходу, который требовал видеть роль и место каждой конкретной задачи с точки зрения разработки той или иной проблемы. Довелось хлебнуть и "полигонной" физики, так как каждая работающая физическая теория рано или поздно "материализуется" и выходит для проверки на соответствующий полигон. Очень полезным оказалось знакомство с различными организующими работу документами: ГОСТами, положениями и т.п., ко-

торые унифицируют порядок выполнения зачастую очень разнородных научно-исследовательских работ. Неоднократно в тех или иных ситуациях я мысленно обращался к Alma mater, с благодарностью вспоминая своих учителей.

Мне кажется, что юбилей ИТФ дает повод посмотреть на процесс развития физики в более широком временном масштабе, тем более, что мы находимся на пороге нового, XXI в. Для уходящего столетия, на протяжении которого в физике работало около 100% всех ученых от числа работавших на Земле во все времена, характерен огромный диапазон физических исследований. Результаты их в колоссальной степени расширили представление человека об окружающем мире. К настоящему времени это представление в своих основных чертах сформулировано в виде самосогласованной физической картины мира, опирающейся на результаты исследований по многочисленным конкретным направлениям физики — от физики микромира до астрофизики. Эта познавательная задача является наиболее грандиозной из выполненных человечеством за время его существования. На ее фоне все остальные достижения человечества представляются не более чем отдельными прикладными разработками, каждая из которых, тем не менее, от двухтысячелетней "программы" по алхимии до создания термоядерных боеголовок, внесла свой вклад в решение этой центральной задачи.

Существуют различные мнения по поводу того, что осталось еще доделать в физической картине мира и какие проблемы при этом наиболее важны. Например, упомянутый выше один из первых аспирантов ИТФ В.А.Белинский на страницах "Писем в ЖЭТФ" говорит: "Проблема особой точки по времени по-прежнему остается основной в космологии (а возможно, и вообще в теоретической физике)".² Существенно, однако, что дальнейшая работа по завершению создания физической картины мира требует, с одной стороны, значительных материальных затрат, а с другой, не сулит конкретных практических результатов в обозримом будущем.

² Белинский В. А. О турбулентности гравитационного поля вблизи космологической особенности // Письма в ЖЭТФ. 1992. Т.56. Вып.9. С.437—

Тезис о завершении создания в основных чертах физической картины мира тесно связан с сегодняшним положением физики. Положением, для которого характерно снижение внимания общества к этой в недавнем прошлом процветающей сфере человеческой деятельности, что выражается в снижении ее финансирования. Причину можно искать в значительном ослаблении противостояния двух сверхдержав, когда каждая из сторон, не считаясь с затратами, развивала все научные направления, обещавшие усиление ее военного потенциала. Однако ослабление самого этого противостояния в определенной степени обусловлено тем, что оказались исчерпанными те физические принципы, которые могли быть положены в основу новых военных систем, обеспечивающих это противостояние. Другими словами, причины очередного, на этот раз отягощенного и финансовыми осложнениями, "кризиса" в физике нужно искать, как и прежде, в самой физике.

Для описания перехода через этот "кризис" можно использовать следующую достаточно грубую аналогию. В настоящее время в развитых странах организация процесса создания новых изделий достаточно хорошо отработана и закреплена в системе государственных стандартов. При этом под новым изделием может подразумеваться весьма сложная система — от авианосца до глобальной системы защиты планеты Земля от астероидов и комет. Конкретное изделие зарождается во время поисковых научно-исследовательских работ, но по-настоящему его создание начинается с этапа аванпроекта, основная цель которого — выяснить те пре-

дельно достижимые характеристики изделия, которые допускаются законами природы. Такого рода аванпроекты по разработке новых изделий на основе известных физических принципов к настоящему времени в большинстве своем выполнены. Саму задачу разработки физической картины мира можно рассматривать, образно говоря, как аванпроект, заданный человечеству Творцом. Хотя по многим конкретным вопросам еще предстоит немало сделать, в основном этот аванпроект выполнен.

В рамках использованной аналогии можно сформулировать ответ на естественно возникающий вопрос: что же дальше? Дальше по ГОСТу, — эскизный проект, цель которого — рассмотреть технические возможности достижения тех характеристик, которые определены в аванпроекте. Применительно к физике это означает перенос центра тяжести работы на прикладные проблемы с целью достижения их максимальной эффективности за счет использования наукоемких технологий. Новые технологии в свою очередь обеспечат новые каналы взаимодействия физики и вообще науки с обществом, обеспечат усиление той заметно ослабленной обратной связи между ними, которую мы наблюдаем сегодня.

Отдавая себе отчет в возможной грубости использованных аналогий, тем не менее надеюсь, что оправданием для появления этой публикации, помимо определенной свободы, допускаемой жанром юбилейных заметок, могут послужить слова Хорхе Луиса Борхеса: "Нет такого интеллектуального упражнения, которое в итоге не принесло бы пользы".

«Если дети женятся, то не советуются с родителями...»

Из протокола № 134

Заседания Ученого совета Института физпроблем

26 января 1965 г.*

1. О соревновании пожарников.

М. П. Малков сообщил о решении райисполкома по поводу соревнования пожарников. Итоги довольно значительные. Снесено много сараев и деревянных гаражей. В соревновании участвовало 200 команд. Первое место заняла Калужская ТЭЦ. ИФП занял 3-е место и получил кубок 3-го разряда.

2. О назначении И. М. Халатникова директором Института теоретической физики АН СССР.

П. Л. Капица сообщил, что в пятницу 22 января Президиум АН СССР принял историческое решение о назначении И. М. Халатникова на уготованный ему пост.

М. С. Хайкин высказал пожелание, чтобы по этому поводу И. М. Халатникову был дан золотой шеврон.

П. Л. Капица продолжил, что директором быть нелегко, а организовать институт еще труднее. Таких институтов мало, это второй институт в Союзе. В Киеве организуется аналогичный. Есть еще Институт Бора в Дании и институт в Японии. Теоретический институт начал создаваться полтора года назад. Теоретики обратились к Н. Н. Семенову. Последний спросил мнение П. Л. Капицы, который отнесся сочувственно к этой идее. Если дети предпринимают решительные шаги в своей жизни, например, женятся, то они не советуются с родителями. Это традиция. Каждую новую организационную форму надо испытать. Особенно эту. Ведь теоретикам ничего не нужно, кроме письменного стола. Создать такой институт так же легко, как и потом... (пауза). Когда-то Галилей сам был и теоретиком и экспериментатором и сам делал

приборы. А в середине прошлого века теоретики стали самостоятельными. Еще Максвелл и Рэлей экспериментировали. А сейчас происходит дальнейшее деление, намечается 3-я фаза — конструкторы. В будущем они будут играть такую же роль, как и научные работники. Почти все крупные установки требуют большой конструкторской работы: ускорители, телескопы, радиотелескопы. Конструкторам надо не только иметь хорошее инженерное образование, но и понимать проблему, т. е. быть физиками. При этом они будут равноценными членами коллектива. Если бы у нас не было сильного конструкторского отдела М. П. Малкова, то не было бы и гелиевого оживителя на 250 л в день. Это оказалось возможным, потому что конструкторы работают вместе с нами и понимают наши задачи. Следует ли наш коллектив разделить на три части или лучше объединение по проблемам? У нас в стране есть разделение в области ускорителей. Есть специальное учреждение у Комара. А американцы решают проблему иначе. У них конструкторы работают в научно-исследовательских институтах и дают задачи промышленности. Лучше, когда они работают вместе с физиками. У нас это получается хуже и медленнее, так как наша промышленность неповоротлива в отношении специальных заданий. С. П. Капица хотел передать конструирование своих ускорителей Комару. Но получилось неплохо и со своими конструкторами. С теоретиками дело обстоит не так ясно. Л. Д. Ландау несколько раз предлагалось организовать отдельный институт, и он каждый раз отказывался. На каждого теоретика нужно 5—6 экспериментаторов, чтобы он решал их задачи. У нас были разные случаи. Иногда наши теоретики работали вместе с нашими экспериментаторами. Так было с промежуточным состоянием сверхпроводников, которое

* Архив ИФП РАН. Публикация П. Е. Рубинина.

исследовал А. И. Шальников, опираясь на теорию Л. Д. Ландау. После открытия сверхтекучести Л. Д. Ландау дал теорию. Теория генерации и обнаружения второго звука в гелии была построена Е. М. Лифшицем, а потом В. П. Пешков его нашел. И. М. Халатников нашел объяснение температурному скачку между гелием и твердой стенкой. А. С. Боровик-Романов и И. Е. Дзялошинский обнаружили много интересных явлений в антиферромагнетиках. Были и случаи, когда такой координации не было. Харьковские теоретики нашли через 30 лет после открытия объяснение линейной зависимости сопротивления от магнитного поля. А. А. Абрикосов построил всеми признанную теперь теорию сверхпроводников второго рода, которая оказала большое влияние на развитие эксперимента в других странах. Гальваномагнитные явления исследовали наши экспериментаторы вместе с харьковскими теоретиками М. Я. Азбелем и И. М. Лифшицем. Важно, чтобы люди были связаны, не обязательно, чтобы они работали в одном месте.

Как создается научная работа? Люди работают, встречаются, разговаривают друг с другом. Вдруг появляется идея. Потом все легко. За 1—1,5 месяца делается вся работа. Это происходит, как на охоте. Идет человек по лесу. Вдруг вылетает вальдшнеп. Вы стреляете, убиваете и жарите. А можно гулять несколько дней и ничего не подстрелить. Талантливый человек может быстро вскинуть ружье и выстрелить. Но нужны и хорошие угодья. Если нет дичи, то ничего не поймаете. Что такое угодья для теоретиков? Экспериментальный институт или свой собственный? Жизнь показывает, что участие теоретиков в экспериментальной работе — это и есть процесс охоты, в котором вроде ничего не происходит, но дичь появляется. Отделившись, теоретики лишаются этих угодий. Конечно, можно приезжать в гости или заняться браконьерством. Посмотрим, что из этого выйдет. Бор сделал свои крупные работы, когда был в Манчестере. Его институт [в Копенгагене] был скорее учебным. Посмотрим,

какое охотничье хозяйство создадут себе наши теоретики, какая будет продукция. Надо помнить, что это птенцы, которые вышли из нашего гнезда и вьют свое собственное. Пожелаем им счастья и удачи. Теперь И. М. Халатников придется заботиться об этих птенцах. Добывать для них дома отдыха, заботиться об их детях. Думать о том, чтобы кукушка не подкладывала чужие яйца. Мы будем им всячески помогать. П. Л. Капица выразил мнение, что И. М. Халатников успешно справится с задачей.

И. М. Халатников поблагодарил П. Л. Капицу за его теплые слова. Он сказал, что теоретики всегда останутся птенцами Института физпроблем. Идея охотничьих угодий, конечно, всегда очень существенна. Но в Черноголовке тоже есть экспериментальные институты. В частности, есть большой Институт физики твердого тела. Там охотничьи угодья даже больше, чем здесь. Когда Л. Д. Ландау охотился один, то ему места хватало. А сейчас подросли новые охотники. Им нужен больший простор. Опыт работы Л. П. Горькова в Черноголовке показал, что даже при нынешних условиях там можно подстрелить неплохую дичь. За срок меньше года Л. П. Горькову удалось наладить контакты с экспериментаторами и сделать очень хорошую работу об электрических свойствах металлической пыли. Мы не хотим изоляции от экспериментаторов, а хотим иметь более широкую базу. Но в Черноголовке институты только строятся, и мы хотим, чтобы ИФП оставался для нас основной базой, чтобы теоретическое обслуживание института оставалось за нами. Пусть между нами будет договор, как договариваются о сторожевой охране. Конечно, мы понимаем все насчет кукушек. Там не только они, но и орлы тоже летают, но мы надеемся все это преодолеть.

В заключение И. М. Халатников еще раз поблагодарил П. Л. Капицу за помощь в настоящем и в будущем.

Ученый секретарь
доктор ф.-м. н. А. А. Абрикосов

ПАМЯТИ АЛЕКСАНДРА АЛЕКСАНДРОВИЧА БАЕВА

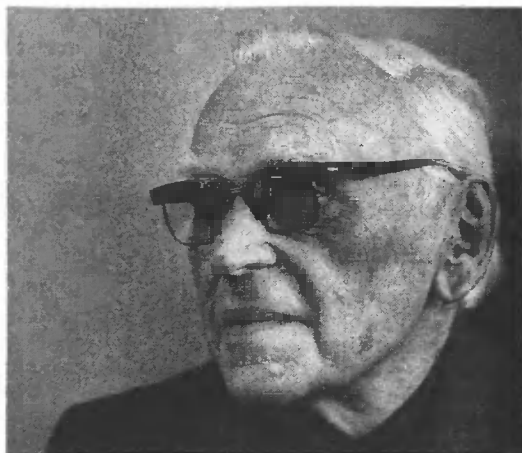
Жизнь Александра Александровича Баева охватывает почти весь XX век и в полной мере отражает необыкновенные, удивительные и вместе с тем трагические события, которые происходили в России в этот период. Научная жизнь А.А.Баева началась в Казани под руководством В.А.Энгельгардта, и первые работы Александра Александровича касались энергетического обмена у животных. Нормальная научная деятельность была остановлена в 1937 г., и вернуться к ней Александр Александрович смог только спустя 17 лет. Казалось бы, любого человека 17 лет неволи должны полностью сломить, не только его тело, но и дух. Попытка войти в науку спустя такой громадный отрезок времени может быть либо безумием, либо подвигом. Баеву удалось совершить второе: он не только чрезвычайно активно и легко вошел в совершенно новую и для него, и для всей отечественной науки начала 60-х годов область — молекулярную биологию, но и сделал в ней работы, навсегда оставшиеся в истории науки.

Баев и его коллеги в Институте молекулярной биологии РАН, ныне носящем имя Владимира Александровича Энгельгардта, учителя Баева, его друга и коллеги, одни из первых в мире раскрыли структуру нуклеиновой кислоты. Это была валиновая транспортная рибонуклеиновая кислота (тРНК), участвующая в биосинтезе белков. Коллектив, который возглавлял Баев, преодолел все: отсутствие предшествующего опыта и традиций, оборудования и реактивов, а также неверие окружающих в успех дела. Это достижение наряду с другими выдающимися работами российских ученых принесло молодой отечественной школе молекулярных биологов широкое международное признание.

Продолжая эти исследования, А.А.Баев и его коллеги показали, что молекулу валиновой тРНК можно разрезать на куски, и эти куски могут, слившись друг с другом, восстановить свою биологическую активность. Александр Александрович назвал развитый им подход методом "разрезанных молекул". В 1970-е годы этот метод получил широкое распространение: с его помощью доказано, что молекулы тРНК представляют собой мозаику из функционально существенных и инертных элементов.

Но тогда же, на вершине успеха, А.А.Баев резко меняет направление своих исследований и начинает развивать в Пушкине — в Институте биохимии и физиологии микроорганизмов РАН, а затем и в Москве — в Институте молекулярной биологии РАН — генетическую инженерию. В его лаборатории получены первые в России (тогда в СССР) рекомбинантные молекулы ДНК и освоен метод расшифровки ее первичной структуры, ныне используемый в десятках лабораторий многих городов России.

Освоение методов генетической инженерии логически привело А.А.Баева и его многочисленных учеников к работе в области биотехнологии, где его школой был сделан весомый вклад как в фундаментальном, так и в практическом направлениях. Казалось бы, все



*Александр Александрович Баев
16.I.1904 — 31.XII.1994*

сделанное А.А. Баевым дает ему полное право почтить на лаврах и продолжать работать в тех областях, где уже завоеваны прочные позиции.

Однако это совершенно не соответствует неугомонному характеру Александра Александровича. Он еще раз круто меняет направление своей деятельности и приступает к организации Государственной программы "Геном человека". Другие люди (их подавляющее большинство) в таком возрасте живут на даче и пишут мемуары. Сейчас исполнилось пять лет геномной программы, и можно только удивляться, как много удалось сделать А.А.Баеву в этом направлении. При его активной поддержке организовано несколько международных научных проектов, в рамках которых ведут физическое картирование генома, идентифицируют новые гены человека, разрабатывают новую технологию раскрытия нуклеотидной последовательности ДНК. Программа "Геном человека" — последнее и любимое детище Александра Александровича, в которое он вложил все свои знания, незаурядную энергию и страсть исследователя.

Александр Александрович Баев сумел сочетать в себе качества первоклассного экспериментатора с недюжинными организаторскими способностями. Российская молекулярная биология, Институт молекулярной биологии, Институт биохимии и физиологии микроорганизмов очень многим обязаны Александру Александровичу. Его ясный, гибкий и быстрый ум, обширная эрудиция, замечательное чувство юмора, твердость и последовательность в осуществлении своих идей и замыслов, феноменальное трудолюбие и трудоспособность, страстная вера в силу науки и в ее привлекательность, доброжелательность и готовность помочь людям, попавшим в трудную ситуацию, навсегда останутся в памяти тех, кто имел честь и удовольствие работать под руководством А.А.Баева или вместе с ним.

Про Борок, Папанина и время

О. А. Гомазков,
доктор биологических наук
Институт биомедицинской химии РАМН
Москва

В ноябре прошлого года исполнилось 100 лет со дня рождения прославленного полярника Ивана Дмитриевича Папанина. Можно спорить о том, был ли Папанин ученым, хотя и имел степень доктора географических наук, но его роль как организатора научных исследований, безусловно, была выдающейся.

Иван Дмитриевич относился к категории людей, которых обычно называют самородками. Он родился 26 ноября 1894 г. в Севастополе в семье портového матроса. Будучи старшим сыном в семье, закончил лишь начальную школу. Четырнадцатилетним начал трудовую жизнь в качестве ученика в мастерских Севастопольского военного порта, где стал первоклассным токарем, работал по этой специальности в Эстонии. Во время первой мировой войны служил моряком в Черноморском флоте. После Октябрьской революции стал рядовым красноармейцем, а затем командиром Красной Армии, участвовал во многих боевых операциях на Украине и в Крыму. После освобождения Крыма от белогвардейцев работал в КрымЧК и в Реввоенсовете военного флота Черного и Азовского морей. Любопытно, что именно Папанин стал прообразом матроса Шванди в пьесе драматурга К. Тренева «Любовь Яровая».

В 1927 г. демобилизованный Папанин перешел на работу в Наркомат связи. Он уезжает на далекий Алдан, где руководит экспедицией, а затем строительством радиостанции на золотых приисках.

В 1931 г. Папанин впервые попадает в Арктику как представитель Наркомсвязи, где участвует в экспедиции на ледокольном пароходе «Малыгин» на Землю Франца-Иосифа в бухту Тихая, а через год зимует здесь уже как начальник полярной станции, где руководит строительными работами. За эти два года Иван Дмитриевич близко познакомился с замечательными полярными исследователями О. Ю. Шмидтом, В. Ю. Визе, Н. И. Евгеновым. В 1934 г. на ледокольном пароходе «А. Сибиряков» Папанин прибыл с бригадой строителей и полярниками (тоже в качестве начальника полярной станции) на мыс Челюскин — это была его вторая зимовка в Арктике.

1937 год принес мировую славу участникам первой дрейфующей станции «Северный полюс» — Папанину и трем его товарищам: океанологу П. П. Шишову, геофизику Е. К. Федорову и радисту Э. Т. Кренкелю. На долю начальника станции Папанина легла подготовка сложного оборудования будущей станции. Трудность заключалась в том, что вес всего снаряжения станции не должен был превышать 9 т — самолеты не могли доставить больший груз. Папанину и его помощникам пришлось проявить много изобретательности, чтобы в пределах этого лимита взять как можно больше необходимых вещей.

Начавшийся 21 мая дрейф станции продолжался 274 дня и закончился 16 февраля 1938 г. в Гренландском море, в точке с координатами 70°54' с. ш. и 19°48' в. д. За это время льдина прошла 2100 км. Участники экспедиции в неимоверно трудных условиях сумели собрать уникальный материал о природе высоких широт Северного Ледовитого океана. По словам В. Ю. Визе, они открыли взору ученой часть земного шара, остававшуюся до того неисследованной.

Участники дрейфа стали Героями Советского Союза. Их научный вклад был высоко оценен мировой научной общественностью — все четверо были награждены золотой медалью Национального географического общества США.

В 1938 г. Папанина назначают заместителем, а год спустя — начальником Главсевморпути. Первые годы основное внимание он уделяет строительству мощных ледоколов, развитию арктического мореплавания, в 1940 г. возглавляет экспедицию по выводу из ледового плена после 812-дневного дрейфа ледокола «Георгий Седов». За эту операцию он был награжден второй звездой Героя Советского Союза.

Во время войны Папанин был назначен Уполномоченным Государственного комитета обороны (ГКО) СССР по перевозкам на Севере. Ему было поручено организовать выгрузку и отправку на фронт военной техники, боеприпасов и других грузов с караванов судов союзников, прибывающих в Архангельск по ленд-лизу.

Работы в порту шли под непрерывными бомбардировками. Архангельск горел, голодал, но реконструкция его порта и приемка судов продолжались без перерыва. Всеми этими работами руководили уполномоченный ГКО Папанин и его штаб. Только в 1941 г. в Архангельский порт пришло 53 транспортных судна с военными грузами, а всего за время войны он принял 332 судна, доставивших 1838 тыс. т грузов.

К концу 1941 г., когда мороз сковал подходы к Архангельскому порту, по предложению Папанина было принято решение перебазироваться в Мурманск. И здесь непрерывно бомбила вражеская авиация, но Папанин со своим штабом всегда находился на самых опасных участках, не знал покоя ни днем, ни ночью.



Иван Дмитриевич Папанин (1894—1986).

Все это время Папанин оставался начальником Главсевморпути — к нему шли регулярные донесения из арктических портов, от кораблей ГУСМП, работающих в Арктике. Летом 1943 г., когда прием кораблей с военными грузами в портах Севера был надежно обеспечен помощниками, на ледоколе «Иосиф Сталин», которым командовал прославленный полярный капитан В. И. Воронин, Папанин отправился с проверкой из порта Провиденция, откуда судно поплыло в бухту Нордвик — ему удалось побывать во многих арктических пунктах, ознакомиться с работой морских и авиационных портов, полярных станций, арктических предприятий, встретиться со множеством полярников — от руководителей крупных объектов до плотников и промышленников.

После войны Иван Дмитриевич ушел из Главсевморпути по болезни и очень страдал без работы. В 1948 г. по приглашению своего арктического соратника, директора Института океанологии П. П. Ширишова он приступил к работе заместителя директора института, где возглавил работу по организации экспедиций в Мировой океан, а в 1951 г. был назначен начальником Отдела морских экспедиционных работ Президиума АН СССР. При активном участии Папанина в короткий срок в научных учреждениях АН СССР был создан большой экспедиционный флот, построены современные корабли науки, развернуты экспедиционные работы в Мировом океане и его морях.

Когда в 50-е годы в связи с подготовкой к проведению Международного геофизического года Академия наук СССР приняла решение о создании Советской Антарктической экспедиции, Папанину пришлось заниматься выбором корабля, согласованием действий с Министерством морского флота, Госпланом и Министерством финансов. На заседании Совета Министров СССР он же докладывал о плане и программе экспедиции.

При активном участии И. Д. Папанина в 1963 г. была подготовлена экспедиция на Кубу. Учитывая, что она будет работать, главным образом, в прибрежных водах, было выбрано научно-исследовательское судно «Академик Ковалевский» — корабль среднего тоннажа, около 500 т, с неограничен-

ным районом плавания. Но поскольку ему предстояло совершить переход из Севастополя через всю Атлантику, а ресурсы его двигателя были ограниченными, было решено провезти его на буксире за торговым судном. Папанин согласовал этот вопрос с Министерством морского флота. Но в Отделе науки ЦК КПСС нашелся критик этого плана, который заявил Папанину: «Как это вы, опытный моряк, посылаете на Кубу корабль, который не может ходить своим ходом?» Папанин не растерялся: «А как вы, человек в морских вопросах неграмотный, имеете право обвинять нас в ошибках, которые на самом деле — самое правильное решение?» Экспедиция приступила к работам летом 1964 г. и успешно закончила их в конце 1965 г.

С именем Папанина связано развитие одного из периферийных биологических институтов. В 1952 г. при посещении Рыбинского водохранилища он обнаружил на берегу Волги Верхне-Волжскую научную базу «Борок» из трех сотрудников, алачившую жалкое существование. Папанин вложил много энергии и труда в коренную реорганизацию этой станции и создание на ее базе Института биологии водохранилищ АН СССР (с 1967 г. — Институт биологии внутренних вод). В течение 20 лет по совместительству он был его директором. Ныне этот институт носит имя Папанина. Иван Дмитриевич создал и еще один научный центр на Волге, основав в 1957 г. Биологическую станцию на Куйбышевском водохранилище, выросшую в Институт экологии Волжского бассейна РАН.

В последние годы Папанин был президентом Московского филиала Географического общества СССР, отдавая ему немало сил. Недаром в филиале до сих пор действует музей Папанина.

Всю свою сознательную жизнь Папанин находился на переднем крае, будь то фронты гражданской и Отечественной войн, работа в суровой Арктике, изучение морей или внутренних водоемов. Он был полон творческих планов, и претворять их в жизнь ему помогал неиссякаемый источник веры в светлое будущее. Умер он в январе 1986 г., дожив до 91 г.

Его имя трижды увековечено на географической карте, воды полярных морей и внутренних водоемов бороздят корабли с его именем на борту.

Автор этих строк познакомился с Папаниным в 1941 г. и проработал с ним бок о бок долгих 40 лет — сначала в штабе уполномоченного ГКО и Главсевморпути, затем, с 1951 г., был заместителем Папанина в Отделе морских экспедиций. Работать с ним было легко и интересно. Действовал Иван Дмитриевич решительно: за хорошую работу поощрял, за плохую наказывал. Но главное для него было, «чтобы работа шла быстрее, а люди жили лучше» (Папанин И. Д. Лед и пламень. М., 1986. С. 318). Эти черты его характера, как мне кажется, заметны и в очерке О. А. Гомазкова, предлагаемом вниманию читателя.

© Е. М. Сузюмов,
кандидат географических наук,
почетный полярник,
почетный член Национального
географического общества США

В ПЯТЬДЕСЯТ седьмом я поставил первую в жизни подпись, которая решала судьбу. После окончания университета меня направляли на работу в Борок, в Институт биологии водохранилищ АН СССР, и эта моя роспись на листке «Распределение» подводила черту в общем-то счастливому периоду жизни.

Я начинал свою новую историю, приобщаясь вместе с тем к истории земли, куда лежал путь. Дело в том, что поселок Борок находился на берегу Рыбин-

ского водохранилища, где Волга разлилась в настоящее море, и в почтовом адресе назначения было начертано: Ярославская область, Некоузский район, станция Шестихино — места искони русские, былинные.

Конечно, потом я долго выяснял, в книжках и у старожилов, откуда такие неказистые названия — Некоуз, Шестихино, и получалось, что места эти — 300 км на север от Москвы — крайняя точка, куда дошли в XIII в. татары. Перебили, взяли в плен кого могли, дальше, в дремучие боры, идти не захотели. Послал тогда предводитель войска своему московскому хану, говоря по-нынешнему, информацию,

что «более некого узить» (т. е. брать в плен). Но, по-видимому, тот татарский предводитель несколько приукрашивал действительность (или и тогда отчетность была лукавой), потому как соседнее местечко называли Шестихино, где, по преданию, были похоронены шесть военачальников (ханов).

Может, на самом деле все было по-иному: история того края практически не изучена, но мне уже тогда казалась важной мысль о том, что человека ведет чувство корня, что существует он на земле как бы в продолжение времени предков, опираясь на это время и на людей, которые служат ему основанием совести и смысла жизни.

Институт, куда меня распределили, был образован в свое время из Верхне-Волжской базы Академии наук СССР, созданной в 30-е годы Н. А. Морозовым. Нельзя умолчать об этом удивительном человеке, который родился здесь в 1854 г. в семье мелкопоместного дворянина и крепостной крестьянки, и ухитрился в единственную жизнь вместить вселенский масштаб дел и событий, — фигура в чем-то типичная для русского интеллигента конца XIX в. — мечущаяся, искренняя, фанатичная и очень сильная. Он умер в Борке в 92-летнем возрасте, в своем скромном бывшем имении, которое и стало началом Биологической базы, а затем института.



Перед дрейфом на «СП-1». 1937 г.

Но была еще одна личность, с которой сводила меня судьба в те дни, — легендарная, яркая, живая. Моим непосредственным начальником, директором НИИ, где предстояло работать, был Иван Дмитриевич Папанин.

Вот несколько слов из его «энциклопедической» биографии: «Папанин И. Дм. (1894—1986) — советский полярный исследователь. Дважды Герой Советского Союза. Контр-адмирал. Руководитель первой советской арктической полярной экспедиции (1937—38). Начальник Главсевморпути (1939—46)».

Добавлю еще: Папанин вернулся со льдины национальным героем; все последующие годы, все подаренные ему судьбой еще 48 лет он жил под знаком легендарного первопроходца Севера. Вряд ли это справедливо в полной мере, потому что и последующая его деятельность — начальника Главсевморпути, Уполномоченного Комитета обороны в годы

Отечественной войны — вершилась делами, быть может не менее трудными и нужными. Когда я впервые попал к нему на прием, он, в должности начальника Отдела морских экспедиционных работ Академии наук, вел переговоры насчет судна, застрявшего где-то возле Канарских о-вов. В пятьдесят втором, став директором Верхне-Волжской научной базы, в короткий срок создал современный исследовательский институт. В Борке, рядом с двухэтажным флигельком морозовской усадьбы, были построены лабораторные корпуса, жилые дома с теплоцентралью; была школа, где мне пришлось преподавать по совместительству, был белоколонный клуб на триста человек и прочее. Но, вероятно, главной гордостью директора Папанина был борковский флот: ему были приписаны несколько уже поработавших на Волге речных судов; переоборудованные для экспедиций, они странствовали по всей волжской системе, пере-



Двухэтажный флигель морозовской усадьбы, в котором помещалась Верхне-Волжская научная база, созданная в 30-е годы Н. А. Морозовым. Здесь и далее фото автора, сделанные в 50-е годы

гороженной к тому времени десятком больших и малых плотин.

Рассказывая о Борке, следует, вероятно, пояснить, что за важные исследования велись в нашем институте. Вот перегородили плотинами для могучих электростанций великую русскую реку (потом перекроют еще Енисей и Ангару...) и образовались огромные зеркала воды. Первоначально — в духе глобального переустройства планеты — кому-то думалось,



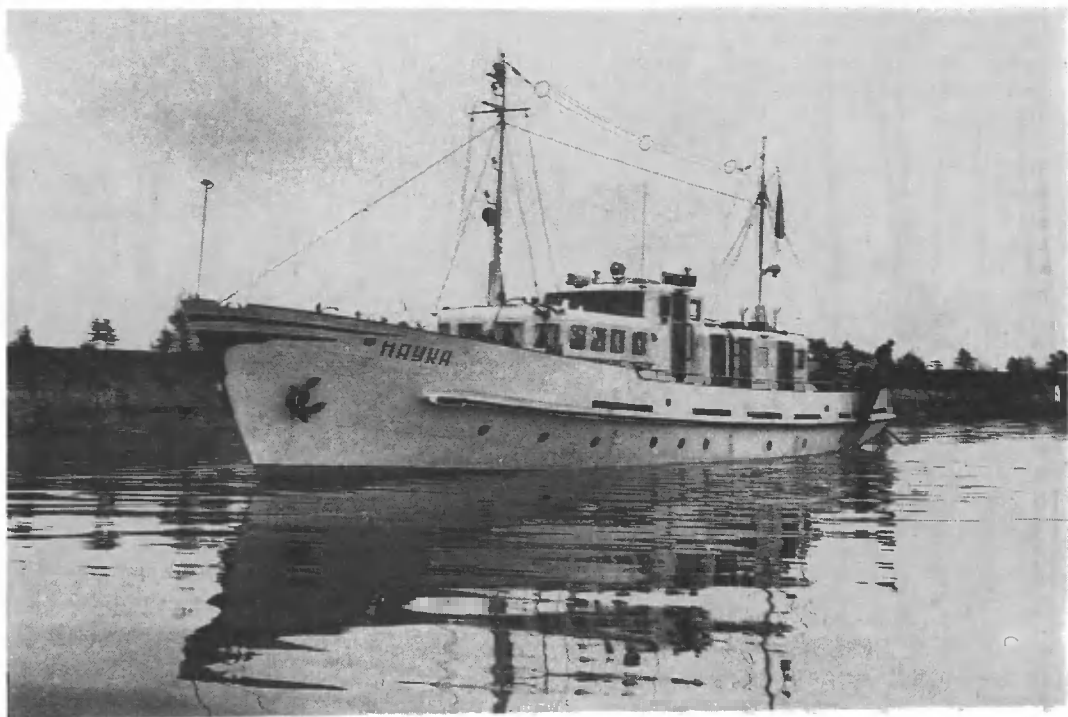
Пруд, вырытый при отце Н. А. Морозова.

что разведем мы в этих морях-зеркалаx рыбы видимо-невидимо, и будут забиты магазины огромными лещами, судаками, щуками, налимами, а уж об осетровых, издавна добывавшихся здесь сотнями тонн, и говорить нечего... Но вышло все наоборот. «Неожидание» милости от природы обернулось бедой с большими хвостами. Все привычные, выверенные столетиями закономерности — состав воды, условия размножения, длинные цепочки экологических взаимосвязей — все изменилось. Режим тока воды замедлился, прогретые солнцем мелководья «зацветали», гниющая растительность отравляла воду. Все биологические взаимосвязи порушились. Надо было кропотливо, с полным уважением к логической осмысленности всего, что возделывает природа, изучать становление новых условий жизни в искусственных водоемах.

Самое грустно-забавное, что наиболее распространенной аксиомой тогдашней биологической науки был лозунг «Организм и среда — единое целое», что не мешало, однако, проводить как промышленные, так и социальные эксперименты в масшта-



Аллея перед прудом



Судно «Наука», входившее в борковский флот.

бах огромной страны и целых народов. Ныне термин «экология» — воды, воздуха, города, пищи, духа человеческого — стал смыслом выживания на планете. А тогда папанинский институт был по сути первой, почти случайной, единицей в этом деле.

Основная резиденция Папанина, как руководителя Отдела морских экспедиционных работ, находилась в Москве, в левом крыле старинного особняка на Большой Калужской (ныне — Ленинский проспект). В коридоре и в небольшой приемной сидел и стоял разнообразный люд: моряки, профессора, молодые специалисты, вроде меня, женщины, пришедшие просить за своих непутевых сыновей... И еще люди с исковерканными судьбами, возвращавшиеся к жизни после долгих лет отлучений, изгойства, небезызвестных сессий по биологическим наукам, первые «отпущенники» на свободу. Уже потом, работая в Борке, я понял, какую удачу подарила мне судьба. В небольшом поселке была настоящая энциклопедия моего времени — от пошехонского старожила рыбака Степаныча, видевшего, как уходили под воду Рыбинского моря целые города и деревни, до москов-

ского интеллигента Михаила Алексеевича Фортунатова, вопреки своей необычной фамилии ставшего «пособником трех империалистических разведок».

Мы пребывали в ожидании приема у Папанина, когда дверь его кабинета распахнулась, и он сам появился на пороге — маленький, полноватый, в казавшихся короткими брюках с синими лампасами, нательной рубашке, схваченной подтяжками. В проеме двери был виден висевший на спинке кресла адмиральский китель с золотыми звездами. Папанин был весь движение, нетерпение, действие! Быстро окинул веселым взглядом ряды ожидающих и сказал отрывисто: «Все ко мне? Браточки, щас в галюн сбегает и всех приму!» Я потом многократно слышал его речь — она состояла, как правило, из коротких фраз (будь его точка зрения или вопрос), выразительных, остроумных и грубоватых. Голос у него был высокий, с характерным южным (севастопольским) говором.

Когда я положил ему на стол документы, он быстро их просмотрел и спросил: «А почему так плохо напечатано?» Я ответил, что, дескать, машинистки не было, печатал сам... Он полоснул меня взглядом и резюмировал: «Значить, ты — ...» — и вынес определение — образное, необходимое, непечатное. Странное

дело, ни тогда, ни многократно потом, общаясь с ним, я не испытывал ни малейшего трепета или зажатости. Он располагал к себе мгновенно, возникал настрой какой-то веселости, висевший рядом китель с золотыми звездами Героя и огромное электрическое табло на стене с изображением океанов и кораблей — не имели уже никакого значения. Он задал несколько вопросов — о моих родителях, женат ли — и, сунув мясистую короткую ладошку, благословил: «Давай!»

Мы встретились в этом же кабинете через три месяца — я приехал в командировку, привез из института какие-то бумаги — он помнил меня прекрасно, поинтересовался, где поселили, как лажу с заведующим. Потом снова спросил про жену, которая еще доучивалась, оставаясь в Москве, и решил, опережая мою просьбу: «Пусть заканчивает, возьмем работать к нам, а пока...» И, поднеся к моему носу кулак, дал устный совет, ясный и выразительный.

Если попытаться определить в Папанине главное, то его простота, демократизм — это в общем-то качества многих руководителей, должных постоянно общаться с людскими массами. Особенность Папанина состояла в превосходной степени этой демократичности, ее необыкновенной естественности, окрашенной грубоватой веселостью. Ему часто приходилось командовать там, где и приказывать-то было нельзя: нечеловеческие это были ситуации. Соратник по ледовой эпопее на СП-1 Э. Кренкель писал, что функции Папанина — начальника экспедиции — сводились преимущественно к созданию психологического климата в том крошечном коллективе: он первым вылезал из задубленной морозом палатки, разжигал примус, готовил еду, рассказывал байки, лечил словом и духом своим, неисчерпаемым оптимизмом. Это потом батальоны врачей будут придумывать для космонавтов тесты на психологическую совместимость и на устойчивость к экстремальным ситуациям. Придет другое время, другие уровни нагрузок и, соответственно, научно обоснованные способы отбора и подготовки первопроходцев, а тогда Папанин своим мужицким, моряцким чутьем угадывал ситуацию и способы решения безвыходных положений.

Бумаги, что я подписывал у Папанина, местному кадровику не понравились. Он сразу дал понять, кто из нас будет кто



О. А. Гомазков на носу «Науки».

в служебной иерархии и долго «щелкал» меня по разным местам. Видимо, после общения с Папаниным я выбрал психологически неправильную позицию, потому что после двух моих язвительных возражений товарищ Свайнев пригрозил вместо лаборатории откомандировать меня в лагерь на офицерскую подготовку. Я слегка струсил и в порядке самокритики рассказал, какое образное определение дал мне два дня назад сам Иван Дмитриевич. Упоминание про Папанина, а также то, что с такой моей оценкой строгий кадровик был вполне согласен, уладило дело. Отношения с административным лицом были определены, я получил урок, жизнь выстраивалась в новых координатах.

Впрочем, жизнь в Борке дарила иногда весьма забавные линии общения с теми же официальными лицами. На каком-то вечере меня пригласила директриса местной школы и предложила вести уроки по химии на вечернем отделении. В моем классе были те, с кем я ежедневно общался на работе, но особое место занимал капитан здешней милиции. Ему,



Лабораторные корпуса и жилые дома в Борке, построенные при Папанине.



В ихтиологической лаборатории.

уже немолодому, воевавшему, отцу трех детишек, до зарезу был нужен «аттестат зрелости», иначе не видать очередной звездочки на погонах. Капитан приходил на занятия усталый, клевал носом и однажды честно заявил, что урока не знает. Я посадил его за первую парту, дал в руки учебник, а когда он через полчаса все толково пересказал, поставил «четверку». Капитан смутился: ему казалось, что не выученный вовремя урок — это дисциплинарное нарушение, которое заслуживает иной оценки. Но я сказал, что нужный раздел программы он усвоил, и это главное.

В коридорах лабораторного корпуса мы регулярно встречались с руководителем отдела гидробиологии. Он ходил вальяжный, недоступный, хотя по специфике работы был, как правило, облачен в торчащий коробом дождевик и резиновые ботфорты. Потомственный тверской дворянин, он имел редкое имя Филарет и еще более редкую фамилию — Мордухай-Болтовской. Дворянство его родителям и ему самому обошлось дорого, но все же сумел он подняться над обстоятельствами нашего парадоксального времени, стал профессором и известным ученым.

Другой профессор, также выглядевший аристократом среди борковского населения, был заместитель директора по



Главный лабораторный корпус.

науке — Борис Сергеевич Кузин. В любое время года он ходил в институт при «бабочке», в шляпе и модных в ту пору ботинках «на платформе». Он был очень улыбчив, беспредельно добр, учтив и пользовался особым уважением Папанина. Борис Сергеевич был заядлым меломаном, держал редкую коллекцию грампластинок и приглашал к себе гостей, независимо от их служебного ранга, разделить с ним удовольствие. Теперь кажется невероятным, но в ту пору — в пятьдесят седьмом — в Борке не было ни одного телевизора, магнитофона или чего-либо с названием «стерео».

Работал на соседнем этаже Борис Аронович Вайнштейн, первоклассный специалист-энтомолог, знаток самых запутанных классификаций. Бывший сапер, он не имел на правой руке половины пальцев и носил черную повязку, закрывавшую глаз.

Была также когорта молодых ребят, как и я, недавних выпускников московских, ленинградских, ярославских институтов, которые, не заведя собственного хозяйства, столовались обычно в гостях или ходили

в местное «кафе». В поселке на полторы сотни жителей все друг друга знали, нравы были простые, и в том же «кафе» ребята на стенке писали обеденный счет, а в дни получек аккуратно расплачивались.

Несмотря на то, что в поселке жили люди разные, в институте царил дух несуетности и добра. Все мы были на виду друг у друга, постоянно соприкасались бытовыми и деловыми гранями. Наши физические и нравственные достоинства проходили непрестанную проверку; возрастные и иерархические ступеньки как бы стирались, когда за одним столом мы хлебали экспедиционную уху или разгружали очередную баржу с кирпичом. Папанин объединял нас зримо и незримо: его уважали, боготворили, боялись. Он появлялся в поселке на несколько дней раз в два месяца, привозил какого-нибудь «большого человека» для демонстрации своего «детища» и нашей общей пользы, наводил «шорох» в хозяйственных и административных подразделениях и отбывал.

Мне нравилась жизнь в Борке. Колот на зиму дрова и топил печку, квасил капусту, слушал по радио Первый



И. Д. Папанин в вестибюле борковского дома культуры.



конкурс Чайковского, выискивал в ночном небе плывущую точку спутника, много читал и тосковал по московским друзьям. Я любил парк, посаженный еще отцом Н. А. Морозова, вырытый тогда же пруд с островком посередине, ослепительно красивую березовую рощу, увлекся пейзажной фотографией. Любил я поездки на моторке по водохранилищу и речке Сутке и перетреп с морячками из команды. Это потом, много лет и много бед спустя, уже остепененный, я буду ломать голову, какой должен быть химический хвост у моего пептида, чтобы он служил маркером такой-то болезни... А пока нравилась сама фактура экспедиционной работы — не Бискайский залив, конечно, и не «Витязь» на траверзе Канарских островов, но тоже суда, лоты, резиновые сапоги до паха, дробная до одури качка и мигающие красным и белым газовые фонари буйков. Меньше нравилась работа в лаборатории, которая казалась примитивной, лишенной серьезных задач и откровений.

Мой непосредственный шеф, заведующий лабораторией Борис Васильевич Краюхин был человеком в годах — добрый, полнотелый. В молодости он не собирался заниматься наукой, хотел стать

художником, но его опередил старший брат, поступивший в Суриковское, а Бориса Васильевича судьба завернула на биофак Киевского университета. Однако он не оставил своей любви к графике и теперь, находясь в лаборатории, целыми днями перерисовывал из-под микроскопа ажурные линии нервных клеток рыб, насекомых, червей. Делал он это мастерски, и поскольку природа вообще строит свое многообразие на основе гармонии и красоты — форм, линий, красок, — рисунки нашего шефа вызывали неподдельное восхищение.

Правда, в первые же дни знакомства я умудрился надолго испортить с ним отношения. Дело в том, что в свое время он защитил диссертацию, воспроизведя на рыбах павловскую модель фистулы желудка. Краюхин вставлял фистулы рыбам, которые продолжали плавать и кормиться в аквариуме, привязанные нитками, как собачки к поводку. Мне, несшему в себе спесь современного университетского специалиста, вся эта игра с рефлексам на рыбах казалась ерундой, и я невинно ляпнул, а не пробовал ли Борис Васильевич нитки разного цвета. Борис Васильевич моей бестактности не заметил и вдохновенно начал развивать эту мысль, но заметила супруга его — Нина Владимировна Бодрова, поэтому чуть позже на мою голову посыпались соответствующие санкции.

В 50-е годы у Нины Владимировны на работе случились неприятности, точнее, ее шеф — известный украинский гистолог — выступил в защиту известного московского гистолога, попавшего в молох известной сессии по биологическим наукам, и супругам Краюхиным пришлось перебраться в Борок.

В какой-то из дней, убедившись в моей деловой состоятельности, шефы доверили тему, которую предстояло провести через целый год. Знаю ли я, спросили они, что налим — рыба зимняя? Я вспомнил Чехова и сказал, что, скорее, это рыба летняя. Однако оказалось, что налим — один из тех редких обитателей наших водоемов, который нерестится зимой и, следовательно, нагуливает тело, пожирая и переваривая добычу при температурах воды, близких к нулю. «Как это происходит, — спрашивал Борис Васильевич, — если известно, что оптимум всех ферментов, что сотворила природа — 37 градусов?» Я ответил, что здесь есть нечто, и взялся за работу.

Во-первых, мне нужны были налимы.

Рыболовецкая группа института, набранная из деревенских ребят, отслуживших в погранвойсках, дело с налимами не тянула совсем. Это были добродушные парни, выносливые как лося; на районных лыжных соревнованиях они обштопали всех некоузских разрядников, пройдя «тридцатку» за какой-то час. Наверное, им ничего не стоило сбегать и в Рыбинск, до обеда вернувшись обратно, но рыбу «для науки» они ловить не хотели. Кто-то посоветовал мне связаться с дядькой, что жил на той стороне Волги, километрах в десяти, и я отправился в путь.

На высоком берегу, среди протяжно скрипящих сосен, стояла хорошо сохранившаяся церковь. Вокруг было захламлено, верх колокольни порушен. Внутри еще можно было рассмотреть фрески, вполне отчетливые, и я подумал: вот отреставрировать бы ее — расположенную заметно и красиво, на самом виду волжской трассы, да показывать людям... Говорят, что позднее Папанин добился у местных властей разрешения использовать ее на стройматериал, но церковь, как водится, была склеена крепко, и ни одного кирпичика от нее отщепить не удалось. Минувшим летом проплывали мы мимо на теплоходе — стоит, она, милая, как и прежде, хотя время делает с ней свое дело безжалостно... (В то путешествие по Волге я поразился и смелости капитана, который на полном ходу вел теплоход по фарватеру Рыбинского моря. Когда-то по водохранилищу бродили «топляки» — большие торфяные острова, оторвавшиеся со дна. Иные времена теперь, иные корабли. Почти не видно торчащих из воды стволов некогда затопленного здесь леса. А ведь жуткое, аллегорическое было зрелище, когда уходила сброшенная плотиной вода и вылезали на берег скелеты погибшего бора.)

Иван Степанович, живший неподалеку от церкви, оказался мужчиной лет пятидесяти, высоченного роста, сухоощавый, молчаливый, словно застенчивый. Он согласился на смехотворных условиях, за чекушку спирта, добывать налимов, и я каждое воскресенье должен был приезжать за ними на моторке, а потом на санях с двадцативедерной бочкой. Так продолжалось всю зиму, ни разу Степанович меня не подвел.

Уже сейчас, много лет спустя, вдруг понимаю, что не любил я объект моей работы. Не научную проблему, которой

занимался в Борке и не занятия мои ежедневные — я не любил налимов. Это странно: обычно биолог, срастаясь с предметом постоянных забот, дум, терзаний начинает испытывать к нему что-то персонифицированное, возникает эмоциональная связь, будь то тычинки цветка, движения медузы или окраска любимого лишайника. Нет, не просто о любви к природе, не просто об ее эстетической притягательности говорю я — об особом чувстве МОЕГО живого, моего «объекта», выражаемое языком профессиональным. Недаром до сих пор меня охватывает нежность, когда вижу просто написанное слово «ноктилюка» — крошечный светящийся микроорганизм, «объект» моей студенческой работы. Или весь ревниво ошетиниваюсь, когда слышу из чужих уст название химического вещества, которому посвятил полтора десятка лет...

Мы держали налимов в больших аквариумах из плекса и подолгу наблюдали неподвижные, темно-зеленые полуметровые тела с массивными закругленными головами — словно символ чего-то тупого, склякового, ленивого. Но как преобразались они, когда в аквариум пускали живую рыбешку, карасика или вьюна: крохотные глазки становились вдруг зрячими, движения вкрадчивыми, морда с короткими усиками на мгновение застыла на пойманной в «объектив» цели, и неожиданно — никто не успевал уловить этого момента — после резкого хлопка добыча сама влетала в пасть хищнику!

Мы продемонстрировали однажды этот аттракцион заглянувшему с обходом Папанину. Он смотрел, погасив свои голубые, вечно лукавые глаза, а потом бросил: «Ты это пионерам не вздумай показывать!» И ушел.

А вот теперь про наш с Папаниным подвиг и его технологию.

Была середина апреля. Солнце сияло так, что на водохранилище, еще лежащее подо льдом, смотреть было больно. В поселке вылезли рыжие проталины земли и черные линии асфальтовых дорожек.

«Лошадь я тебе не дам,— сказал завхоз,— ты глянь, что на Волге: лед неустойчивый, загробишь мне лошадь и сам ухнешь. Не дам!» Я начал спорить: весенняя партия налимов нужна была до зарезу, иначе не получится годовой цикл, и вся работа насмарку... По всем привычным меркам завхоз должен был сказать «а мне какое дело...», но вот сколько ни силюсь

вспомнить — не сказал он этого. Слышал потом десятки раз, в разных вариантах, в магазинах и поездках, поликлиниках и жэках, в мастерских и приемных министерства, от своих начальников и своих подчиненных... Удобная фраза, все отрезающая, бесповоротная. Но не сказал ее завхоз, не мог сказать, не терпел Папанин «не моего дела».

Отношения людей, работающих в науке, и ее обеспечивающих хозяйственников или бумаговластных администраторов складываются обычно непросто: тут все перемешано — зависть к окладу и научному званию, спесь приобщения к клану «ученых», тщеславие держателя подписи на нужном документе... Но вот не было ничего этого, по крайней мере в откровенной форме, в папанинском институте. Кто-то мог кого-то не любить, не терпеть даже, но в деловых отношениях царила уважительность, кем бы ты ни был. Я помню лишь однажды, когда Иван Дмитриевич торжественно сидел в президиуме ученого совета и кто-то из зарвавшихся ихтиологов, наслышанный про Кусто, сказал, что вот-де хорошо бы нам подводную лодку для работ в Рыбинском водохранилище, Папанин коротко буркнул, показав оратору кукиш: «Вот тебе!»

...Отказать-то завхоз отказал, но пошел со мной к Папанину, который на счастье находился в Борке. Иван Дмитриевич сидел за воскресным столом, завтракал и угощал. Я быстро пересказал ему ситуацию и добавил фразу, как мне казалось, ключевую: «У меня дело гибнет, Иван Дмитриевич!» Он реагировал быстро — встал, позвал кого-то из прихожей и сказал мне: «Сам с тобой пойдуй!» Потом оглянулся на стол: «Поешь, что хочешь, но водки не дам — на мороз идешь!»

Технология нашего предприятия, как мне сначала показалось героического, была несложной: снарядили две пары саней, в них, завернувшись в полушубки, попрыгали «рыбаки-пограничники», а мы с Папаниным пешком пошли сзади. Ежели лед треснет, сани окажутся на плаву, можно успеть выскочить... Я вытащил из саней заготовленные лыжные палки, снял темные очки и отдал Папанину. Он удовлетворенно крикнул, и мы отправились в дорогу.

В общем-то ничего героического не состоялось: лед на наезженной за зиму колее был крепким, противоположный берег Волги, хоть и далекий, виделся отчетливо. Папанин в хорошем настроении, выражаясь его жаргоном, «травил» всю

дорогу (мне одному!) полярные байки. Я шел оглушенный фактом пребывания в такой компании, запоминал плохо, да и вряд ли смог бы пересказать хоть что-то печатно, потому как образность его речи была много краше тех историй, что он поведовал.

Степаныча заметили издали. Он вошел возле полыньи, которую обновлял самодельной пешней. К моему удивлению, Папанин не подошел к рыбаку, остановился поодаль, о чем-то расспрашивая ребят, вылезавших из саней, хотя и приветливо поздоровался за руку, когда я пригласил Степаныча к нему. И опять-таки Папанин не высказал никаких особых слов, что рыбак вот так, почти задаром помогает в работе сотруднику его института, коротко спросил о течении Волги у этого берега, о заброшенной церкви, торчащей на холме возле деревеньки, и все. Степаныч зажался, побагровел от удовольствия общения с Самим, но отвечал немногословно и толково.

Я погрузил наливов в залитую водой бочку, сказал Папанину «готов». Он отреагировал: «Поезжай вперед. Размести рыбу, и ко мне, в домик...» Через пару часов я был снова у Папанина, однако он не стал меня особо потчевать, велел выпить горячего чаю, вызвал из дома заспавшегося было после воскресного обеда институтского кладовщика и распорядился выдать столько-то килограммов муки, сахара, масла. А потом сказал мне: «Поезжай к тому рыбаку. Мол, благодарит его Папанин». Я живо представил себе снова дорогу туда и обратно, уж в сумерках, и взмолился: «Иван Дмитриевич!» Но он прервал: «Поезжай, милый! Надо.— И добавил: Этот Степаныч твой знает дело. Он будет у нас работать. Поезжай!»

Прошли недели, сошел лед, наступили весна, лето, и вдруг я встретил того

рыбака в нашем поселке. Он командовал загрузкой лодки-донки и покрикивал на «пограничников». Мы обрадовались друг другу. «А скажите, Иван Степанович,— спросил я его,— уговаривал вас Папанин перейти к нам в институт?» — «Да нет,— ответил он,— как-то само собой вышло».

Притча? Да какая тут притча, просто маленький эпизод-иллюстрация, как Папанин решал организационные проблемы своего хозяйства.

Через два года я поступил в аспирантуру и вернулся в Москву. Перед отъездом Папанин вызвал меня, не ругал, а спросил пронизательно: «Тебе нужен хороший руководитель? К кому ты там идешь?» Я назвал. «Это крупный ученый,— оценил Иван Дмитриевич и добавил, подыскивая более сильное определение: Павловец! Но я сделаю, что он будет руководить тобой здесь, в Борке!»

Я быстро подумал, что Папанин чего доброго перетащит моего столичного академика, европейскую знаменитость, на жительство в Ярославскую область. Но дело не получило развития, я уехал в Москву, где-то чувствовал себя предателем, утешался тем, что в кипучей жизни Папанина это — мелочь, и больше с ним не виделся. Жизнь и научная судьба все дальше уносили меня от борковских проблем. Но я стал на несколько лет старше. Я уже знал, что есть Папанин, Кузин, мой бывший шеф Краюхин и бывший «зек» Фортунатов, я познакомился со Степанычем и тем капитаном, что дослужился ли до майора? Я прикоснулся к судьбам этих и других людей, которые незаметно перестраивали мою сущность. У меня были определившиеся ценности и понятия о таланте, труде, совести...

ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ 1994 ГОДА

По физике — Б. Брокхауз и К. Шалл

НОБЕЛЕВСКАЯ премия по физике в 1994 г. присуждена «за пионерный вклад в развитие методов рассеяния нейтронов для изучения вещества в конденсированном состоянии». Она поделена между Б. Брокхаузом — за развитие нейтронной спектроскопии и К. Шаллом — за развитие метода дифракции нейтронов.

Бертрам Н. Брокхауз (Bertram N. Brockhouse) родился 15 июля 1918 г. в Летбридже (провинция Альберта, Канада). Степень доктора по физике получил в 1950 г. в Университете Торонто. Профессор, член Королевского общества Канады, Лондонского королевского общества, иностранный член Шведской академии наук. В последнее время работал в Университете Мак-Мастера (Онтарио, Канада).

Клифорд Г. Шалл (Clifford G. Shull) родился 23 сентября 1915 г. в Питсбурге (штат Пенсильвания, США). Степень доктора по физике получил в 1941 г. в Нью-Йоркском университете. Профессор, член Национальной академии наук США. В последнее время работал в Массачусетском технологическом институте (Кембридж, США).

Для понимания на микроскопическом уровне свойств вещества в конденсированном состоянии необходимо, в пер-



Б. Брокхауз.



К. Шалл.

вую очередь, ответить на два вопроса: как организованы элементы (атомы или молекулы), составляющие твердые тела и жидкости, и как они взаимодействуют между собой. Ответ на первый вопрос заключается в расшифровке структуры, на второй — в определении спектра элементарных возбуждений.

Исследования, направленные на решение этих вопросов, неразрывно связаны с развитием квантовой физики. Можно даже условно назвать дату рождения современной физики конденсированных сред — 8 июня 1912 г. В этот день в Баварской академии наук был представлен доклад «Интерференция рентгеновских лучей», в котором теоретически и экспериментально было показано, что фотоны могут быть использованы для исследования кристаллических структур. За открытие дифракции рентгеновских лучей в кристаллах Макс фон Лауэ получил в 1914 г. Нобелевскую премию. Новое направление в физике было признано столь важным, что в следующем, 1915 году, Нобелевская премия по физике имела похожую формулировку — за крупный вклад в изучение структуры кристаллов с помощью рентгеновских лучей — и была присуждена У. Г. Брэггу и У. Л. Брэггу.

Рентгеновская дифракция оставалась основным мик-

роскопическим методом изучения структуры конденсированных сред до середины 40-х годов, когда были созданы первые исследовательские ядерные реакторы, производящие медленные, или тепловые, нейтроны с длиной волны в интервале от 1 до 10 Å. Это был результат интенсивной десятилетней работы от открытия Дж. Чедвиком нейтрона в 1932 г. (Нобелевская премия 1935 г.) до создания 2 декабря 1942 г. в Чикагском университете первого реактора под руководством Э. Ферми (Нобелевская премия 1938 г. «за открытие новых радиоактивных элементов, возникающих при облучении нейтронами, и связанное с этим открытие ядерных реакций, вызываемых медленными нейтронами»). Оказалось, что медленные нейтроны при взаимодействии с веществом способны давать совершенно новую информацию, ранее недоступную.

Медленные нейтроны в веществе испытывают взаимодействие как с ядрами, так и с магнитными моментами атомов. Эти взаимодействия относительно слабые, и поэтому нейтроны не нарушают структуру и химические свойства образца, как это происходит, например, в экспериментах по фотоэллипсису. При вычислении сечений рассеяния достаточно ограничиться первым порядком теории возмущений. Слабое взаимодействие обуславливает и большую глубину проникновения нейтронов в образец, позволяя, в отличие от фотонов, исследовать его объемные структурные и динамические свойства в экспериментах по упругому и неупругому рассеянию.

В то же время нейтроны дают возможность изучать и свойства поверхностей, что является существенным дополнением к исследованиям с помощью рентгеновских лучей, особенно магнитных систем.

Амплитуда ядерного рассеяния определяется свойствами ядерных сил и имеет изотопную зависимость. Может быть так, что изотопы одного элемента будут иметь

амплитуды разного знака, это дает уникальную возможность изотопного контрастирования в исследуемом образце. Кроме того, амплитуда рассеяния не зависит от атомного номера на регулярном образом, как для фотонов. Легкие элементы, например водород, имеют большую амплитуду, что позволяет нейтронам, в отличие от фотонов, «высвечивать» их в структуре.

Перечисленные свойства дополняются тем замечательным обстоятельством, что длина волны тепловых нейтронов и их энергия ($E_n = 1-100$ мэВ) в точности соответствуют типичным межатомам расстояниям в твердых телах и жидкостях и характерным энергиям возбуждений в них. Таким образом, один и тот же источник нейтронов дает возможность исследовать и структуру, и динамику вещества.

Дифракция нейтронов была продемонстрирована вскоре после открытия нейтрона — в 1936 г. появилось сразу три публикации на эту тему. Однако низкая интенсивность источников не позволяла на практике использовать это явление. В 1943 г. в Ок-Ридже (штат Теннесси, США) начал работать графитовый реактор. Была создана специальная группа под руководством Е. О. Воллана для изучения возможностей использования нейтронных пучков. В эту группу был включен 28-летний К. Шалл, который вскоре начал играть в ней ведущую роль. По мере строительства исследовательских реакторов подобные группы организовывались и в других местах, однако группа Воллана—Шалла и затем Шалл с сотрудниками очень быстро выполнили первые структурные исследования простых кристаллов, что послужило основой для дальнейшего развития структурной нейтронографии.

Предложенная в Ок-Ридже постановка дифракционного эксперимента в принципе проста. Пучок нейтронов из реактора направляется на монокристалл с известными межплоскостными расстояниями. Согласно условию Вуль-

фа—Брэгга, отраженные под разными углами нейтронные волны имеют совершенно определенные длины волн. Это позволяет выделить из «белого» пучка нейтроны с фиксированной длиной волны. Затем такой монохроматизированный пучок направляется на исследуемый образец. Большинство нейтронов проходят через образец без изменения энергии (упругое рассеяние), но выходят из него в заданных направлениях в результате эффектов дифракции. Рассеянный на образце пучок регистрируется детектором под разными углами, и таким образом определяются межплоскостные расстояния в образце. В такой схеме эксперимента Шалл с соавторами показал, как нейтроны могут быть практически использованы для изучения структуры вещества в конденсированном состоянии.

Первые результаты структурного анализа, проведенного в Ок-Ридже для изучения гидридов металлов, были опубликованы в 1948 г. Это было весьма удачное применение, поскольку рентгеновская дифракция не позволяла определить положения атомов водорода в силу слабого рассеяния (интенсивность рассеяния фотонов определяется числом электронов в атоме, а атом водорода имеет только один электрон). В то же время локализация водорода в водородсодержащих соединениях и изучение параметров водородной связи имеет важное значение для многих разделов физики твердого тела, материаловедения, органической химии, биологии. Использование нейтронов открыло новые возможности для этих областей естествознания.

В начале 50-х годов в Ок-Ридже возникло еще одно новое направление структурных исследований, связанное с наличием у нейтрона собственного магнитного момента. Эта частица в веществе подобна движущемуся микроскопическому магниту, который, встречая на своем пути магнитные атомы и взаимодействуя с ними, меняет направление движения при упругом взаимо-

действию. В результате, как и при ядерном рассеянии, появляется возможность определения взаимного расположения магнитных атомов, т. е. особенностей магнитных структур. До сих пор нейтрон остается наиболее эффективным инструментом их изучения. Невозможно представить себе современную физику магнетизма без рассеяния нейтронов.

Как уже отмечалось, медленные нейтроны чувствительны не только к пространственному расположению атомов, но и к их отклонениям из равновесных положений, приводящим к распространению в системе элементарных возбуждений. Сказанное в равной мере относится как к атомной, так и к магнитной динамике. Неупругое рассеяние нейтронов в результате динамических процессов в конденсированной среде первоначально наблюдалось в экспериментах по пропусканию нейтронов через образец. Однако такие эксперименты давали очень мало информации.

Ситуация кардинально изменилась после того, как Б. Брокхауз с сотрудниками, работавшие на новом мощном реакторе в Чолк-Ривер (Канада), разработали в середине 50-х годов изящную схему нейтронного спектрометра, получившего название трехосного. Так же как и нейтронный дифрактометр, он имеет кристалл-монохроматор, который может вращаться относительно вертикальной оси, перпендикулярной направлению движения нейтронов (первая ось). Образец тоже может вращаться относительно вертикальной оси (вторая ось). В отличие от дифрактометра, рассеянный пучок направляется сначала на кристалл-анализатор, который тоже может вращаться относительно вертикальной оси (третья ось), а уже затем — на детекторы. Такая схема позволяет измерить изменения энергии нейтрона (неупругое рассеяние) при прохождении через образец.

В результате неупругого рассеяния нейтрон может либо возбудить колебание ре-

шетки, породив элементарное возбуждение — фонон, либо поглотить его. В первом случае рассеяние будет происходить с потерей энергии нейтрона, во втором — с приобретением. В обоих случаях, если измерения проведены вдоль симметричных направлений в кристалле, удается получить дисперсионные кривые, т. е. функциональную зависимость частот колебаний от волнового вектора, а следовательно, константы взаимодействия между атомами. Первые успешные результаты измерений спектра фононов, открывших новое направление в физике, были опубликованы Б. Брокхаузом и А. Т. Стюартом в 1955 г.

Изучение спектров колебаний твердых тел и жидкостей с помощью рассеяния частиц проводилось и до открытия нейтрона. В 1922 г. Л. Бриллюэн во Франции применил фотоны для изучения акустических фононов, в 1928 г. Л. И. Мандельштам и Г. С. Ландсберг в СССР, а также Ч. В. Раман и К. Кришнан в Индии применили фотоны для изучения оптических фононов в кристаллах и жидкостях соответственно. В 1930 г. Раман получил Нобелевскую премию «за исследования рассеяния света и открытие эффекта, носящего его имя». Однако нейтрон открыл две качественно новые возможности. Во-первых, в отличие от рассеяния света, при рассеянии нейтронов появляется возможность изучения дисперсионных кривых во всей зоне Бриллюэна, а не только в окрестности ее центра. Во-вторых, рассеяние нейтронов дает возможность исследовать элементарные возбуждения в магнитных системах. Брокхауз впервые измерил дисперсионные кривые этих возбуждений, названных магнонами.

Нельзя не отметить еще один важный результат, который получил Брокхауз при изучении рассеяния нейтронов в воде (обычной и тяжелой). Помимо установления факта возможности исследования динамики некристаллических тел эта работа показала возможность прямого измерения временных корреляционных функ-

ций, широко используемых для описания упорядоченных и неупорядоченных систем. Эти эксперименты послужили отправной точкой для последующих теоретических построений моделей жидкого состояния вещества.

Нейтронная дифракция и неупругое рассеяние получили в дальнейшем широкое развитие и значительно усовершенствовались. В отдельную область применений выделились малоугловое рассеяние, т. е. дифракция при малых углах (от 0.2 до 5×10^{-6} рад) рассеяния, и рефлектометрия — изучение отраженных от поверхности нейтронных пучков. Для изучения магнитных явлений большое значение имеют пучки поляризованных нейтронов, в которых магнитные моменты частиц ориентированы преимущественно в одном направлении. Развитие методики эксперимента способствовало расширению круга задач, решение которых стало невозможным без применения нейтронов. Это касается многих разделов науки о конденсированном состоянии вещества: кристаллографии; магнетизма; физики некристаллических сред, таких как жидкости (включая сверхтекучие), аморфные тела, стекла; физики поверхностей и слоистых систем; физики и химии белков, биологических мембран, полимеров; неразрушающего контроля промышленных изделий.

Необходимо подчеркнуть, что большинство этих исследований направлено на изучение не только новых материалов, хотя и это важно, но и новых физических явлений, которыми постоянно снабжает естествознание физика конденсированных сред. Одним из последних примеров решающей роли нейтронов в изучении нового физического явления может служить расшифровка структуры высокотемпературных сверхпроводников.

Возможности исследований с нейтронами расширяются благодаря более интенсивным источникам. Присходит это не только за счет увеличения скорости проведения

экспериментов, но и за счет увеличения точности измерений, изучения объектов малых размеров, сложных по структуре и с малыми сечениями рассеяния, проведения экспериментов с анализом поляризации нейтронов до и после рассеяния. Современные источники нейтронов, такие как стационарный реактор HFR в Институте Лауэ-Ланжевена (Гренобль, Франция), пульсирующий реактор ИБР-2 в Объединенном институте ядерных исследований (Дубна, Россия), импульсный источник на базе ускорителя протонов ISIS в

Лаборатории Резерфорда—Эплетона (Великобритания) имеют поток нейтронов, в сотни раз превышающий поток от первого реактора в Ок-Ридже. Соответственно вырос и уровень проводимых экспериментов по рассеянию нейтронов. В настоящее время в эти эксперименты вовлечены тысячи исследователей из числа физиков, химиков, биологов, материаловедов, которые нуждаются во все большем количестве нейтронов и, следовательно, в новых источниках нейтронов.

Присуждение Нобелевской премии именно сейчас служит хорошим стимулом для дальнейшего развития одного из самых эффективных методов исследования конденсированных сред.

© В. Л. Аксенов, доктор физико-математических наук, директор Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка Объединенного института ядерных исследований Дубна

По физиологии и медицине — А. Гилман и М. Родбелл

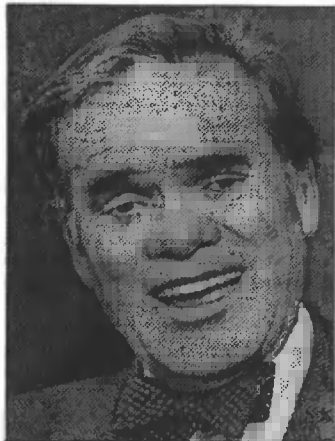
НОБЕЛЕВСКИЙ комитет при Каролинском университете в Стокгольме присудил Нобелевскую премию по физиологии и медицине за 1994 г. американским исследователям Альфреду Гилману и Мартину Родбеллу за открытие G-белков и их роли в передаче сигналов в клетках. (G — это первая буква в аббревиатуре GTP, ГТФ — гуанозинтрифосфат. Если угодно, букву G можно интерпретировать как первую букву в фамилии одного из нынешних лауреатов, что тоже справедливо.)

Альфред Гилман (Alfred G. Gilman) родился 1 июля 1941 г. в Нью-Хейвене (штат Коннектикут, США); в 1962 г. там же окончил Йельский университет; степень доктора фармакологии получил в 1969 г. С 1977 по 1981 г. — профессор фармакологии университета Вирджинии, с 1981 г. заведует кафедрой фармакологии Техасского университета в Далласе, где работает до сих пор; член Национальной академии наук США (с 1985 г.) и Американской академии искусств и наук (с 1988 г.).

Мартин Родбелл (Martin Rodbell) родился 1 декабря 1925 г. в Балтиморе (штат Мэриленд, США); образование получил в Университете Джона Гопкинса, там же специализировался в области химии, а



А. Гилман.



М. Родбелл.

докторскую степень, уже по биохимии, получил в 1964 г.; в 1967—1968 гг. — профессор и директор Института клинической биохимии Женевского университета (Швейцария); с 1970 по 1985 г. возглавляет лабораторию питания и эндокринологии в Бетесде; с 1985 по 1989 г. — научный директор Национального института здоровья; с 1989 г. возглавляет отдел трансдукции того же института. Член Национальной академии наук США, Американской академии искусств и наук и ряда обществ.

Высочайшим признанием отмечен еще один, не первый и, несомненно, не последний, этап в становлении и стремительном развитии нового научного направления — молекулярной физиологии. В данном случае речь идет о молекулярных механизмах (молекулярной машинерии) передачи информации в организме — между клетками и внутри них самих.

За последнее десятилетие в этой области физиологии было присуждено несколько Нобелевских премий. Одна из них, непосредственно предшествовавшая нынешней, была получена американским исследователем Э. Сазерлендом в 1971 г. за открытие так называемого вторичного посредника (медиатора) в механизме

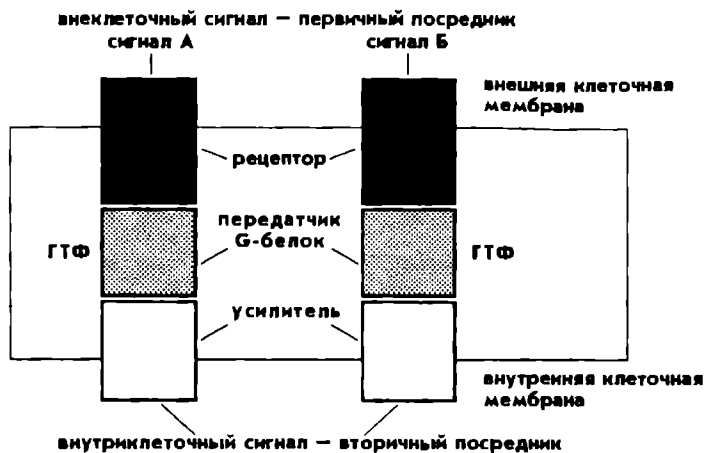


Схема передачи сигнала внутри клетки с участием трех функциональных единиц (по М. Родбеллу).

передачи сигналов в организме. Первичные посредники — это давно и хорошо известные гормоны, нейромедиаторы и многие другие сигнальные молекулы, выделяемые железами внутренней секреции, нервными окончаниями, клетками других тканей, которые переносят сигналы от клетки к клетке. Однако сигнальные молекулы не только выделяются из клеток, они также приносятся извне — это молекулы запаха (их множество) и вкуса. Коант света, конечно, не молекула, но это тоже сигнал, который можно рассматривать для зрительной клетки сетчатки глаза как «первичный посредник».

Если первичный посредник переносит информацию между клетками или доставляет информацию клетке (обонятельной, вкусовой или зрительной), то вторичный посредник, открытый Сазерлендом (это молекула циклического аденозинмонофосфата — цАМФ), передает информацию внутри клетки. В цепочке Сазерленда в роли первичного посредника выступал гормон, который садился на клеточную мембрану и, связываясь с поверхностным белком-рецептором, каким-то непонятным тогда образом передавал команду внутрь клетки аденилатциклазе (фермент, синтезирующий цАМФ) ускорить синтез новых молекул цАМФ, т. е. молекул вторичного посредника.

А. Гилману и М. Родбел-

лу удалось выяснить, как именно первичный посредник вызывает внутри клетки усиленный синтез (а иногда, напротив, распад, т. е. гидролиз) вторичного посредника. Открыв ключевое звено сложнейшего механизма внутри- и межклеточной передачи и усиления сигнала, нобелевские лауреаты поистине совершили новый прорыв в молекулярной физиологии и патологии. Естественно, по этому пути устремились множество исследователей. Теперь, годы спустя, об их открытии можно рассказать просто.

Сначала, в конце 60-х — начале 70-х годов, М. Родбелл с сотрудниками в Национальном институте здоровья в Бетесде описал последовательность важнейшего физиологического события — прохождения информационного сигнала внутри клетки от взаимодействия первичного посредника с белком-рецептором на клеточной мембране до синтеза вторичного посредника в клетке. Три момента, по мнению Родбелла, обеспечивают передачу сигнала: сначала белок-рецептор распознает и связывает молекулу первичного посредника; затем белок-передатчик взаимодействует с белком-рецептором и передает сигнал внутрь клетки (этим-то белок-передатчик и требует ГТФ для осуществления своей функции); и, наконец, третий участник — белок-усилитель — получает от белка-передатчика

команду ускорить (или замедлить) синтез вторичного посредника (цАМФ или, как потом выяснилось, цГМФ — циклического гуанозинмонофосфата). Итак, Родбелл установил последовательность событий в трансляции информации и роль белка-передатчика, требующего для своей работы ГТФ.

А. Гилман, работавший недалеко от М. Родбелла, в Университете штата Вирджиния в городке Шарлотсвилл, совершенно независимо выяснил химическую природу белка-передатчика, связывающего ГТФ, и назвал его G-белок. Как потом оказалось, G-белков много: по существу, это целое семейство макромолекул, передающих информацию в самых различных клетках. Хотя в одном семействе белки разные, но нарисовать их коллективный портрет можно: G-белок состоит из трех субъединиц, или трех полипептидных цепей, — α , β , γ , каждая из которых кодируется собственным геном. Именно комбинация этих субъединиц и дает множество G-белков, работающих в клетке как челнок: они переносят сигнал от белка-рецептора к белку-усилителю, потом возвращаются обратно, и все сначала.

Белок-рецептор активирует G-белок; при этом его α -субъединица связывает ГТФ, точнее, обменивает до того сидевший на ней ГДФ на ГТФ. Затем она взаимодействует с



Схема передачи внутриклеточного сигнала в нормальной и мутантной (лейкемической) клетках (по А. Гилману).

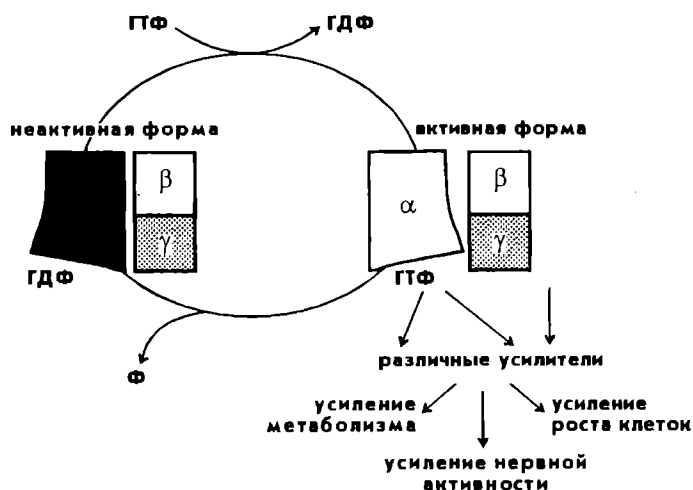


Схема активации G-белка.

белком-усилителем (например, аденилатциклазой) и активирует его, а тот, в свою очередь, синтезирует цАМФ. После этого α -субъединица G-белка снова обменивает ГТФ на ГДФ и воссоединяется с β - и γ -субъединицами. Таким образом, белок возвращается в свое неактивное состояние. Иными словами, G-белок, как челнок, снует между белком-рецептором и белком-усилителем, осуществляя внутриклеточную передачу сигнала.

Если Сазерленд открыл вторичный посредник на примере влияния гормона (как первичного посредника) на клетку, то Гилман открыл G-белок, сравнивая нормальные и генетически дефектные клетки крови (речь идет о бе-

локровии). Нормальные клетки в ответ на действие первичного посредника синтезировали цАМФ — молекулы вторичного посредника. Дефектные же клетки, имевшие и белок-рецептор, и белок-усилитель, но у которых отсутствовал белок-передатчик, не синтезировали цАМФ. После того как Гилману удалось выделить и очистить белок-передатчик из других тканей, например из мозга, и ввести его в дефектную клетку, она заработала, т. е. восстановила свою способность синтезировать цАМФ в ответ на действие первичного посредника. Белок, вставленный Гилманом в мембрану дефектной клетки, и был ГТФ-связывающий белок, G-белок.

Пожалуй, самый важный

результат исследований Гилмана и Родбелла — это раскрытие принципа внутриклеточной передачи сигнала, который оказался справедливым и для клеток крови, и для нейронов, и для рецепторных клеток органов чувств. Наглядный тому пример — зрительные клетки сетчатки глаза. Вскоре после первых работ Родбелла и Гилмана стало ясно, что G-белок — ключевой в механизме фототрансдукции, т. е. в преобразовании светового сигнала в нервный.

Зрительный пигмент как рецепторная молекула зрения был описан еще в конце прошлого века. К середине 60-х годов, в основном, было выяснено, что происходит с этой молекулой при действии света.

Но дальше оставалось неясным, как активированный светом зрительный пигмент запускает процесс, который в конечном счете приводит к физиологическому возбуждению зрительной клетки. Оказалось, что возбужденная светом молекула зрительного пигмента взаимодействует в фоторецепторной мембране с G-белком (в этом случае его называют трансдуцином, что непосредственно отражает его физиологическую функцию).

Как и подобает G-белку, трансдуцин состоит из трех субъединиц — α , β , γ . Как и положено, при активации белка ГДФ, связанный с α -субъединицей трансдуцин, замещается на ГТФ. Однако дальше первоначальная классическая схема, описанная нобелевскими лауреатами, несколько видоизменяется: G-белок, конечно же, активирует белок-усилитель, но сам белок-усилитель в зрительной клетке сетчатки глаза не аденилатциклаза, а другой фермент — фосфодиэстераза. Такая замена приводит к тому, что в этом случае вторичный посредник не синтезируется, а напротив, разрушается, и, кроме того, меняется сам посредник: вместо цАМФ выступает цГМФ, служащий сигналом для зрительной клетки, что она увидела свет. Этот сигнал в виде изменения электрического потенциала передается следующим нервным клеткам сетчатки и затем в мозг.

Пример со зрительной клеткой — один из многих, иллюстрирующих плодотворность идей и результатов Родбелла и Гилмана. Как известно, нет ничего практичнее хорошей теории. Открытие G-белков и их роли в передаче сиг-

налов в клетках стало важным не только для развития фундаментальной молекулярной физиологии, но и для практической молекулярной патологии и будущей молекулярной медицины.

В нормальной физиологической ситуации G-белки переносят, усиливают и обрабатывают сигналы в клетке, получаемые ею извне. Тем самым эти белки обеспечивают саму информативную сущность процессов жизнедеятельности. Молекулярные же дефекты структуры и нарушения функции G-белков приводят к тяжелым заболеваниям, а подчас просто несовместимы с жизнью. Такие дефекты могут быть приобретенными или наследственно обусловленными. Ярчайшие примеры заболеваний, твердо установленная причина которых — нарушение функции G-белков, — это холера и коклюш.

В случае холеры токсин, вырабатываемый холерными вибрионами, поражает один из G-белков организма, а именно, он переводит G-белок в активную форму и буквально закликивает его в таком состоянии. Результат непрерывной работы G-белка поистине трагичен: нарушается и в конце концов становится невозможным поглощение солей и воды из кишечника, наступает быстрое обезвоживание организма, что приводит к смерти.

Коклюшный токсин, напротив, не активирует, а ингибирует G-белок, запирая его в неактивном состоянии, и это приводит к выраженному ослаблению иммунной системы организма.

Интересно, что и холерный, и коклюшный токсины стали незаменимыми, можно ска-

зать классическими, химическими инструментами при исследовании структуры и функции различных G-белков.

Появляются сведения о том, что в основе некоторых заболеваний эндокринной системы и некоторых форм рака лежат мутации и гиперреактивность G-белков. Не исключено, что некоторые нарушения кальциевого обмена в организме и, как следствие, некоторые костные заболевания связаны с молекулярными дефектами G-белков. Вероятно, некоторые симптомы таких распространенных заболеваний, как диабет или алкоголизм, каким-то образом зависят от нарушения процессов внутриклеточной передачи сигналов, в которых принимают участие G-белки.

Присуждение Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1994 г. А. Гилману и М. Родбеллу можно рассматривать не только как признание их выдающихся достижений в области молекулярной физиологии, но и как признание самого нового направления, способного объяснить закономерности поведения отдельных макромолекул в живой клетке, понять сущность физиологических процессов, происходящих в ней, и причины их нарушений на молекулярном уровне.

Решение о присуждении Нобелевской премии А. Гилману и М. Родбеллу — это несомненный праздник и для всех исследователей, причастных к молекулярной физиологии.

© Академик
М. А. Островский
Москва

По химии — Дж. Ола

НОБЕЛЕВСКАЯ премия по химии за 1994 г. присуждена гражданину США, американцу венгерского происхождения Дж. Ола «за вклад в химию карбокатионов».

Джордж А. Ола (George A. Olah) родился 22 мая 1927 г. в Будапеште (Венгрия), высшее образование и степень кандидата химических наук получил в 1949 г. в Техническом университете Будапешта, где работал с 1949 по 1954 г. Вершиной его карьеры в Венгрии стали посты заведующего кафедрой органической химии и заместителя директора Центрального исследовательского института Венгерской Академии наук (1954—1956). В 1957 г. Ола переехал в Северную Америку и поступил работать научным сотрудником в компанию Доу Кемикл в Канаде. В 1965—1977 гг. занимал пост профессора Западного резервного университета, затем стал профессором химии и научным директором Института по исследованию углеводородов Университета Северной Каролины. С 1991 г. — директор Научно-исследовательского института Локера.

Дж. Ола по образованию и научным интересам — химик-органик. Мир органической химии логично ассоциируется с ковалентно построенными незаряженными структурами и реакциями, протекающими между нейтральными молекулами, в то время как мир неорганической химии — с ионными молекулами и реакциями между ионами. Большая и исключительно важная группа органических соединений — углеводороды как синтетического, так и природного происхождения (нефть). Это типичные ковалентно построенные системы с нулевыми или близкими к нулю дипольными моментами. Соединения тако-

го класса нерастворимы в воде и других полярных растворителях, для них характерна низкая реакционная способность по отношению к таким ионным реагентам, как, например, кислоты и основания.

В 1920—1930 гг. К. Ингольд в Англии и Г. Меервейн в Германии при детальном изучении механизмов химических реакций органических веществ теоретически предсказали существование так называемых карбокатионов — высокореакционноспособных интермедиатов (промежуточных продуктов) с положительным зарядом на углероде. Доказательства их существования были косвенными. Время жизни таких частиц оценивалось от наносекунд до микросекунд; их концентрация в растворах исключительно мала, так что существующие методы (ИК-, ЯМР- и УФ-спектроскопия) не позволяли их фиксировать и изучать, и они, таким образом, продолжали оставаться гипотетическими структурами.

Работы Дж. Ола радикально изменили ситуацию в этой области и оказали огромное влияние на дальнейшее развитие органической химии. В начале 60-х годов Ола начал исследование так называемых суперсильных кислот, которые впервые были получены и описаны канадским химиком Р. Дж. Гиллесли. Их кислотность значительно выше кислотности классических сильных кислот (например, кислота HSbF_6 в 1018 раз сильнее 100 %-ной H_2SO_4). Используя суперкислоты, Ола удалось получить стабильные карбокатионы и детально изучить их свойства. Это открытие не только внесло неоценимый вклад в наши знания о природе органического вещества, но и позволило реализовать огромное число новых органических

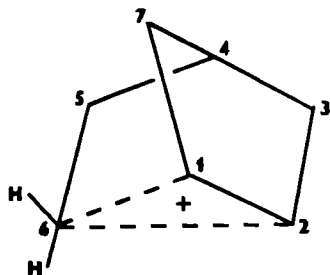
реакций с углеводородами, которые относятся к одному из самых неактивных классов органических соединений.

Ола удалось найти растворители, обладающие очень низкой нуклеофильностью и практически не реагирующие при низких температурах с генерируемыми карбокатионами. Такими растворителями оказались жидкий сернистый ангидрид, фтористый тионил и фторхлортионил. Методика генерации карбокатионов заключалась в растворении алкилгалогенидов при низких температурах в эквимолекулярной смеси фтористоводородной кислоты и пятифтористой сурьмы. Таким образом, теоретически предсказанные карбениевые ионы с трехкоординационным атомом углерода были генерированы и изучены спектральными методами.

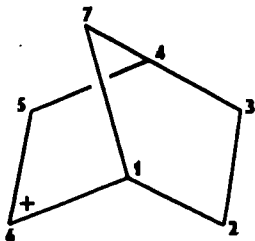
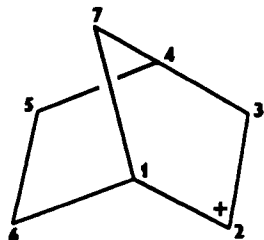
Ола варьировал тип суперкислот от пятифтористой сурьмы до так называемых «магических» суперкислот, полученных из фтористой сурьмы, фтористоводородной и фторсульфоново́й кислот. Оказалось, что с помощью магической кислоты можно протонировать спирты и олефины, получая карбокатионы с высокими концентрациями при сравнительно высоких температурах (от -120 до -78°C).

Это открытие предоставило широкое поле деятельности по изучению карбокатионов в растворах, что позволило исследовать их методами ЯМР на ядрах ^1H и ^{13}C и получать подробные сведения об их структуре, стабильности и реакционной способности. Приведем пример, ставший уже классикой органической химии. В 50-х годах Уинстейн исследовал реакции нуклеофильного замещения и перегруппировки 2-норборнильных систем

и постулировал образование «неклассического» 2-норборнильного катиона с пятикоординатным атомом углерода в структуре:



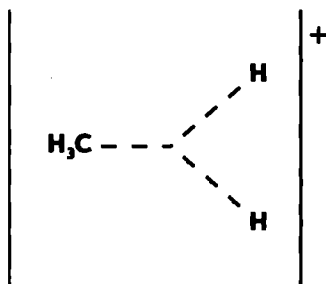
Эта интерпретация была поставлена под сомнение лауреатом Нобелевской премии Г. Брауном, который утверждал, что 2-норборнильный катион имеет классическую структуру, но два классических катиона быстро перегруппировываются один в другой:



Проблема вызвала бурную дискуссию в химической литературе, где приводились остроумные решения и аргументы как за, так и против.

И только когда Ола генерировал 2-норборнильный катион и изучил его методом ЯМР-спектроскопии, проблема была решена. Ола наблюдал 2-норборнильный катион в растворе при -158°C и подтвердил для него «неклассическую», мостиковую структуру. Впоследствии еще один нобелевский лауреат К. Сигбан (Нобелевская премия «за развитие методов электронной спектроскопии для химического анализа», 1981 г.) полностью подтвердил эти выводы.

Ола доказал, что суперкислоты могут протонировать даже предельные углеводороды (одновременно и независимо это было показано Х. Хогвейном) с образованием пентакоординированного атома углерода в структуре этих ионов. Так, метан образует ион CH_5^+ ; его строение Ола представил как частицу, содержащую трехцентровую двухэлектронную связь:



Гомологи метана протонируются как по $\text{C}-\text{H}$, так и по $\text{C}-\text{C}$ связям. Более того, Ола нашел фантастическое превращение протонированного изобутана с образованием трет-бутилкатиона и молекулярного водорода.

Протонирование предельных углеводородов в суперкислых средах имеет важное прикладное значение. Оно ведет к методу изомеризации нормальных углеводородов в разветвленные алканы с существенно более высоким октановым числом. Суперкислоты позволяют расщеплять фракции тяжелых нефтей и получать из угля жидкое топливо в мягких условиях.

Одно из последних открытий Ола тоже связано с действием суперкислот. Это — двойное протонирование обычных электрофилов (таких, например, как ацил-катион или нитроний-катион) с образованием дважды заряженных электрофилов, что приводит к резкому увеличению электрофильности и имеет прекрасные перспективы в органическом синтезе.

Ола также внес значительный вклад в исследование механизмов реакций алкилирования (реакция Фриделя — Крафтса) и нитрования; последняя является одной из важнейших реакций химической промышленности. Именно Ола получил нитробензол из бензола, действуя тетрафторборатом нитрония на бензол: так наглядно было доказано, что интермедиатом в реакции нитрования бензола является нитроний-катион.

В последние годы Ола работает исключительно плодотворно. Направления его исследований посвящены кинетическим изотопным эффектам в реакциях метилена с бензолом; роли ониевых (оксониевых, сульфониевых и карбоксониевых) дикатионов в реакциях, которые катализируются суперкислотами. Кроме того, он занимается изучением роли протосольватации в реакционной способности алкил-катионов, исследует электрофильные реакции каркасных структур.

© П. Стэнг,
профессор Университета Юты,
США
академик Н. С. Зефирюв
МГУ

Космические исследования

Планы «возвращения» к Меркурию

В 1974—1975 гг. американская межпланетная станция «Маринер-10» трижды пролетала вблизи Меркурия. В результате был установлен неожиданный факт, что это небесное тело обладает собственным магнитным полем, хотя и в 20 раз более слабым, чем Земля. С тех пор Меркурий космическими методами не изучался.

В марте 1994 г. Институт наук о Луне и планетах (Хьюстон, штат Техас, США) провел специальную конференцию, посвященную разработке планов дальнейшего исследования Меркурия.

А. Балог (A. Balogh), представлявший группу физики космоса и атмосферы при Имперском колледже в Лондоне, сообщил о намерении британских ученых в рамках Европейского космического агентства запустить в начале следующего десятилетия аппарат, который станет спутником Меркурия.

Одна из американских исследовательских групп, которую возглавляет П. Спудис (P. Spudis; Институт наук о Луне и планетах), планирует запуск автоматической станции на орбитальную траекторию в окрестностях Меркурия. Переход на околомеркурианскую орбиту потребовал бы больше дополнительного топлива, вместо чего ученые предпочитают установить на борту добавочное исследовательское оборудование. Предполагается провести изучение мине-

рального и химического состава поверхности планеты, а также осуществить радиолокационное картирование областей, лежащих вблизи обоих ее полюсов (наземными наблюдениями здесь обнаружены некоторые странности в отраженном спектре, указывающие как будто на существование льда, что парадоксально для тела, находящегося в такой близости к Солнцу).

Другая американская группа во главе с Р. Нелсоном (R. Nelson; Лаборатория реактивного движения в Пасадене, штат Калифорния) планирует вывод на полярную орбиту вокруг Меркурия искусственного спутника, предназначенного главным образом для магнитных измерений и картирования поверхности планеты. Спутник должен провести на этой орбите целый год, перед этим дважды сблизившись с Венерой.

Всего же Национальное управление по аэронавтике и использованию космического пространства США (НАСА) предполагает провести в 1996 г. 40 различных запусков сравнительно дешевых космических аппаратов (стоимостью до 150 млн. долл. каждый).

Запуски к Меркурию основываются близостью этой планеты к Солнцу, в связи с чем необходимо снабжать аппараты массивной теплоизолирующей оболочкой. Чтобы избежать этого, сотрудники НАСА намерены подводить их к цели в те периоды, когда Меркурий, обращаясь вокруг Солнца по довольно вытянутой эллиптической орбите, находится сравнительно далеко от Солнца.

New Scientist. 1994. V. 141. № 1917. P. 8 (Великобритания).

Астрофизика

В поисках «скрытой» материи

На 30-метровом радиотелескопе, расположенном в горах Сьерра-Невада (Испания), астрономы Р. Аллен (R. Allen; Институт космического телескопа, Балтимор, штат Мэриленд, США), Дж. Лекаве (J. Lequeux; Медонская обсерватория под Парижем) и С. Гильотто (S. Guillotneau; Институт миллиметровой радиоастрономии в Гренобле, Франция) провели радиоспектроскопические наблюдения области, лежащей на окраине нашей Галактики. Они искали спектральную линию поглощения оксида углерода в излучении двух внегалактических радиоисточников, наблюдающихся вблизи плоскости Галактики.

Идентифицирована одна такая линия поглощения в спектре одного из этих источников и четыре или пять — в спектре другого. Это указывает на существование нескольких облаков газа «на пути» от данного радиоисточника к Земле. Температура одного из облаков около 3.5 К, что лишь ненамного выше космического микроволнового фона (2.7 К), оставшегося с момента Большого взрыва, породившего Вселенную. Интересно, что некоторые из этих облаков целиком молекулярные, так что атомарный газ в них практически неразличим. Большая часть облаков, по-видимому, находится на расстоянии 33—39 тыс. св. лет от центра Галактики, а одно — 51 тыс. св. лет, т. е. за границей ее диска.

Эта же группа исследователей ранее обнаружила аналогичные холодные молекулярные облака в пределах галактики Андромеды. Характер движения звезд вокруг центра дискообразных галактик, подобных нашей, указывает, что эти галактики содержат значительно больше массы, чем заключено в видимых звездах и светящемся межзвездном газе. Это давно заставляет астрофизиков упорно искать «недостающую», «темную» массу, скрывающуюся где-либо в межзвездном пространстве.

Если обнаруженные теперь холодные облака сходны с более темными молекулярными облаками, существующими во внутренней части Галактики, то они, по мнению Аллена, могут составлять по меньшей мере треть этой самой «скрытой» материи.

В проводившихся до сих пор исследованиях межзвездного пространства астрономы наблюдали лишь сильную спектральную линию эмиссии оксида углерода. Подобный подход не позволял обнаруживать многие молекулярные облака, температура которых ниже 10 К (—263 °С). Теперь эта задача стала решаемой, и, вероятно, поиски «скрытой» материи станут более успешными.

New Scientist. 1994. V. 141. № 1916.
P. 17 (Великобритания).

Астрономия

У астероида — своя «луна»!

В августе 1993 г. американская межпланетная станция «Галилей» проследовала на пути к Юпитеру сквозь кольцо астероидов, расположенное между гигантской планетой и Марсом. Собранные в пути информация поступала на Землю со значительной задержкой в связи с повреждением главной антенны космического аппарата. Лишь в конце марта 1994 г. сотрудники Лаборатории реактивного



Схема миниатюрной двойной системы: астероид Ида и ее 1.5-километровый спутник.

движения НАСА в Пасадене (штат Калифорния, США) во главе с Т. Джонсоном (Т. Johnson) смогли обработать изображения астероида Ида, рядом с которым прошел «Галилей»¹.

И тут было сделано сенсационное открытие: Ида обладает собственным спутником! Крошечная «луна» получила наименование 1993 (243) 1.

Ида имеет картофелеобразную форму; ее длина около 56 км, а на расстоянии примерно 100 км вокруг нее обращается тело поперечником всего 1.5 км.

Вероятно, более точные данные содержатся в продолжающих поступать с борта «Галилея» и обрабатываемых изображениях. Ожидается также информация, которая позволит судить о химическом составе Иды и ее «луны».

Специалисты предполагают, что эта миниатюрная система могла возникнуть, когда два более крупных астероида столкнулись и рассыпались на куски, один из которых был захвачен тяготением Иды и превратился в ее спутник. Ранее существовали теорети-

ческие предположения, что астероиды могут «обзаводиться лунами», но считали, что это — большая редкость. Теперь, когда после чуть ли не первого же сближения космического аппарата с астероидом обнаружился его спутник, можно думать, что они обращаются вокруг многих малых планет Солнечной системы.

New Scientist. 1994. V. 142. № 1919.
P. 5 (Великобритания).

Метеоритика

Метеорит мог привести к трагедии

1 февраля 1994 г. два рыбака, промышлявшие в открытом море в 12 км к юго-востоку от о. Косраз (восточная Микронезия), при ясном дневном свете стали свидетелями редкого явления: в течение нескольких секунд в небе с северо-запада на юго-восток с огромной скоростью пролетел объект, ярко сверкавший красным и голубым пламенем и оставивший за собой огромный дымный «хвост», сохранявшийся в течение примерно одного часа. Яркость свечения объекта почти достигала яркости Солнца.

Событие зафиксировали также шесть американских раз-

¹ См. также: Изучается астероид Ида // Природа. 1994. № 10. С. 112—113.



Карта-схема района, где рыбаками был замечен метеорит, и место, над которым произошел взрыв небесного тела.

ведывательных спутников. Опасаясь внезапного нападения с использованием баллистической ракеты и ядерного оружия, сотрудники Пентагона срочно оповестили об этом президента США (правда, Белый дом отказался как подтвердить, так и опровергнуть эту информацию). Обработка спутниковых данных позволила установить, что явление, к счастью, было природным. Очевидно, это был метеорит, вошедший в воздушное пространство Земли со скоростью примерно около 20 км/с и взорвавшийся на высоте около 20 км над Тихим океаном вблизи о-вов Токелау.

В Лос-Аламосской национальной лаборатории (штат Нью-Мексико, США) собранную информацию сопоставили с характеристиками процессов, происходящих при взрыве термоядерного заряда в атмосфере, и пришли к выводу, что небесное тело имело массу, значительно превышавшую 1 тыс. т; распад сопровождался выделением энергии, эквивалентной взрыву 100-килотонной бомбы.

По мнению специалистов Гарвардско-Смитсоновской астрофизической обсерватории (Кембридж, штат Массачусетс,

США), небесные тела подобной массы сталкиваются с Землей в среднем один раз в несколько десятилетий. По сообщению министерства обороны США, это — крупнейший «пришелец» из космоса, когда-либо зафиксированный американскими разведывательными спутниками.

Первичная научная обработка данных еще не позволяет однозначно установить, было ли это тело обломком астероида или кометы. Исходя из того, что взрыв произошел на относительно больших высотах, Д. Ревелл (D. Revelle; Лос-Аламосская национальная лаборатория) полагает, что, скорее, это комета — конгломерат космической пыли и льда малой плотности, иначе тело, прежде чем разрушиться, проникло бы в земную атмосферу глубже.

Напротив, Д. Моррисон и К. Цанле (D. Morrison, K. Zahnle; Эймсовский исследовательский центр НАСА, штат Калифорния) считают, что объект был довольно плотным. К такому заключению они пришли, сопоставляя поступающие о нем данные с математической моделью, описывающей Тунгусское явление — падение крупного небесного тела в Восточной Сибири в 1908 г.: именно сохранение целостного состояния нынешним объектом до высоты 20 км над земной поверхностью говорит о достаточной большой его плотности. Учитывая угол, под которым тело вошло в атмосферу, и

его скорость, можно полагать, что оно было каменным, хотя для камня его плотность не столь уж велика.

Ученые с удовлетворением отмечают, что Пентагон на этот раз впервые немедленно рассекретил и опубликовал данные, полученные разведывательными спутниками. Однако специалисты не скрывают своей обеспокоенности тем, что американские военные, кажется, неспособны четко отличать метеоры от ядерных взрывов и запуска ракет.

New Scientist. 1994. V. 142. № 1919.
Р. 4 (Великобритания).

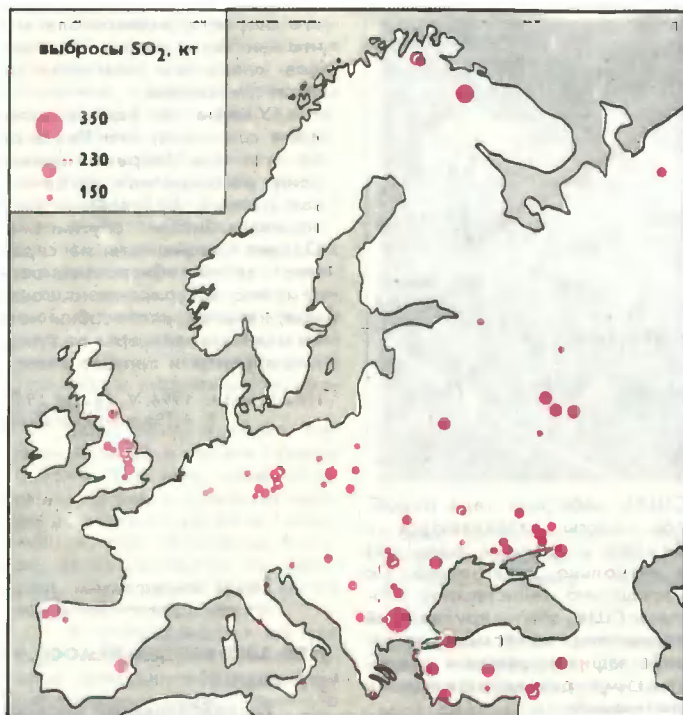
Химия атмосферы

Кто загрязняет атмосферу серой?

Исследование по определению основных источников поступления в атмосферу Европы SO_2 , вызывающего столь вредные изменения в химическом составе осадков, выполнили по заказу Шведского секретариата по проблеме кислотных осадков английские специалисты М. Барретт (M. Barrett) и Р. Протероу (R. Protheroe). В опубликованном ими докладе говорится, что почти за половину (43 %) всей массы SO_2 , попадающей в воздушное пространство Европы, отвечают всего 100 источников-загрязнителей; ежегодно все они, вместе взятые, поставляют в атмосферу примерно 20 млн. т SO_2 .

Главными загрязнителями служат тепловые электростанции, работающие на ископаемом топливе. Среди них на первом месте болгарская ТЭС «Марица» (350 тыс. т/год). В пятерку крупнейших входят также российские металлургические заводы в Никеле и Мончегорске (Кольский п-ов), каждый из которых выбрасывает почти столько же SO_2 , сколько соседние Норвегия, Швеция и Финляндия, вместе взятые.

Среди ведущих 25 поставщиков диоксида серы 16 при-



Расположение крупнейших источников загрязнения атмосферного воздуха диоксидом серы.

надлежат бывшим коммунистическим странам, в том числе пять — России. Из остальных девяти шесть расположены в Турции, два — в Испании и один — в Великобритании (крупная ТЭС Дракс в графстве Йоркшир). Среди сотни наиболее «грязных» теплоэлектростанций 11 — британские. Общая мощность всех вредоносных ТЭС Европы составляет 136 ГВт. В числе мощных поставщиков SO_2 также один нефтеперерабатывающий завод, три сталеплавильных и одно чугуно-доменное производство.

Анализируя эти данные, представитель Шведского секретариата по проблеме кислотных осадков К. Огрен (С. Ågren) подчеркнул, что борьба с ними несколько облегчается благодаря сравнительно небольшому количеству точечных источников.

95 электростанций, рабо-

тающих на ископаемом топливе, могут быть снабжены оборудованием для освобождения отходящих газов от серы, которое обошлось бы в 30 млрд. долл. В результате этого выброс серы в воздушное пространство Европы снизился бы примерно на 7,5 млн. т, что составляет 37 % нынешнего уровня.

Следует отметить, что страны, входящие в Европейский Союз, подписали в начале 1994 г. соглашение, по которому они обязуются за следующие 15 лет сократить загрязнение атмосферы SO_2 примерно на 70 %.

New Scientist. 1994. V. 143. № 1936.
P. 9 (Великобритания).

Иммунология

Лечение ревматоидного артрита

Ревматоидный артрит — тяжелое заболевание, связанное с деформацией суставов

и ограничением их подвижности, — поражает около 1—2 % людей во всем мире. Согласно современным представлениям, причина болезни состоит в том, что белки (антигены) синовиальной оболочки, которая окружает суставы, атакуются Т-лимфоцитами. (Антигенами могут быть либо чужеродные, например белки вирусов, либо собственные белки организма, что до сих пор окончательно не выяснено.) Постепенно в патологический процесс вовлекаются и другие клетки иммунной системы, а также цитокины (низкомолекулярные вещества, регулирующие силу и длительность иммунного ответа), к которым относятся интерлейкины, фактор некроза опухолей и др.

По мере прогрессирования болезни приходится постоянно увеличивать дозу лекарств, многие из которых обладают нежелательным побочным действием, что ограничивает сроки их применения. Поэтому нередко возникает необходимость хирургического вмешательства, протезирования суставов и т. д.

Сотрудники Института Кеннеди (США) М. Фельдман и Т. Мэйни (M. Feldman, T. Maini) подошли к лечению этого заболевания с другой стороны. Выделив из пораженных суставов больных ревматоидным артритом иммунные клетки и изучив их в культуре, авторы смогли установить ведущую роль в развитии этого заболевания фактора некроза опухолей. Затем они провели лечение 20 больных путем введения им антител против этого фактора, и у всех пациентов состояние существенно улучшилось. Оказалось, что достаточно всего двух инъекций, чтобы улучшение длилось не менее 4 мес. Часть больных получала препарат в течение года, и ни у одного из них не наблюдались серьезных побочных явлений. Клинические испытания этого метода проводятся в настоящее время и в Европе.

New Scientist. 1994. V. 141. № 1912.
P. 16 (Великобритания).

Сельское хозяйство

Непобедимая саранча

Массовое размножение саранчи начинается после того, как редкие, но обильные осадки выпадают в засушливых районах и там возрождается растительность, служащая насекомым пищей. При благоприятных условиях насекомые образуют гигантские стаи, способные пересечь целый континент, уничтожая всю растительность на своем пути. В конце 1993 г. такая стая, направлявшаяся из Мавритании в Сенегал, покрыла площадь около 300 км².

Тактика, принятая Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН (ФАО), состоит в том, чтобы уничтожать саранчу прежде, чем она образует стаю. Для этого используются метеорологические спутники, фиксирующие появление участков зелени посреди пустыни. Данные наблюдений рассылаются соответствующим органам в африканских и ближневосточных странах, чтобы местные команды по борьбе с вредителем своевременно обрабатывали эти районы пестицидами. К сожалению, метеоспутники располагают фотоаппаратурой малой разрешающей способности и не могут идентифицировать участки растительности размером менее 7 км².

В настоящее время проводятся испытания спутника «SPOT»; оснащенного более совершенным оборудованием, позволяющим выявлять зеленые участки площадью всего в 1 км². Но и у этого метода есть недостатки: он стоит дорого, а объем получаемой информации столь велик, что затрудняет принятие срочных мер на местах. Автоматическая же система обработки таких данных пока отсутствует, и на ее создание уйдут годы.

По мнению П. Симмонса (P. Sympton, советник ООН по борьбе с саранчой), бороться с вредителем удобнее, когда стая уже сформировалась и могут быть надежно

зафиксированы с самолета. Тогда летящую стаю следует обработать с воздуха контактными инсектицидами.

Пока же сельское хозяйство африканских и ближневосточных стран беззащитно перед этой древней напастью.

New Scientist. 1994. V. 141. № 1907. P. 7 (Великобритания).

Охрана окружающей среды

Очистка почвы от древесины

В странах, где ведутся широкомасштабные лесозаготовительные работы, возникает весьма трудная и дорогостоящая проблема — очистка от древесных остатков.

Исследователи фирмы «Biotel» (Кардифф, Великобритания) предложили использовать для разрушения древесных остатков гриб *Phanerochaete chrysosporium*, принадлежащий к группе грибов «белой гнили». Испытания эффективности нового метода проводились на юге Финляндии.

Эти грибы разлагают древесину с помощью ферментов лигниназ (из группы пероксидаз), разрушающих лигнин — структурный полимер древесины. Особенно важно, что, в отличие от бактерий, которые тоже используются для уничтожения остатков древесины, грибы могут разлагать некоторые токсические продукты.

Для роста грибам необходим кислород. Поэтому через кучи древесины, где находятся грибы, продувают кислород с помощью специальных перфорированных трубочек. Когда переработка заканчивается, развитие грибов останавливают простым прекращением подачи кислорода. Эти замечательные грибы могут «работать» даже зимой, поскольку их деятельность приводит к разогреву разлагающейся древесной массы.

New Scientist. 1994. V. 142. № 1919. P. 18 (Великобритания).

Экология

Эксперимент «Биосфера-2» продолжается

В середине марта 1994 г. в штате Аризона (США) начала работать вторая смена специалистов из шести человек, которым предстоит провести 10 мес. в замкнутой среде «Биосферы» — остекленном здании, рассчитанном на автономное поддержание жизнедеятельности¹.

Известно, что все первые «биосферцы» за время полной изоляции немало потеряли в весе². Им удалось самим выращивать лишь около 85 % необходимых продуктов питания. Отмечено, что посаженные травы и посаженные кустарники захватывали территорию, выделенную под пустыню, так как возникший «под колпаком» искусственный климат оказался слишком влажным для засухоустойчивой растительности. Участок влажного тропического леса разросся вдвое. Злак *Coix lacryma* в естественных тропиках обычно не выше 60 см, а здесь вытянулся до 4 м. Состояние искусственного океана оставалось желать много лучшего: содержание планктона в его водах резко сократилось, и лишённые питания коралловые полипы вымирали.

Еще одним существенным недостатком «Биосферы» было постепенное истощение в ее атмосфере кислорода. Почва в этом гигантском парнике оказалась слишком богатой питательными веществами, и почвенные бактерии непомерно размножились. Они потребляли такое количество кислорода, что люди начали страдать от кислородного голодания. Предложено заменить перед началом деятельности новой «Биосферы» 30 тыс. т почвы на более бедную питательными веществами не было

¹ Подробнее см.: Нельсон М. и др. «Биосфера-2» // Природа. 1993. № 10. С. 66–79.

² Биосферцы испытывают трудности // Природа. 1993. № 7. С. 117.

поддержано. В результате, помимо прочего, исчезает возможность создания надежного контролируемой системы, в которой можно было бы по желанию изменять содержание CO_2 в атмосфере, моделируя глобальный парниковый эффект и анализируя реакцию на него различных экологических систем.

Вместе с тем, учитывая научную критику, организаторы эксперимента ввели ряд новшеств. Так, на этот раз разрешено проходить в здание «Биосферы» заранее определенным специалистам и проводить там исследования на протяжении от нескольких суток до нескольких месяцев. Допускается также вынос во внешний мир различных образцов для их изучения в лабораторных условиях. Для посещения используют воздушный шлюз, так что влияние на внутреннюю атмосферу строго контролируется как в количественном, так и в качественном отношении.

Все это расширяет научные возможности коллектива, который в первом эксперименте был занят главным образом обеспечением собственной жизнедеятельности, а не исследовательской работой. Научным руководителем проекта ныне является Дж. Корлисс (J. Corliss).

New Scientist. 1994. V. 141. № 1917.
P. 10 (Великобритания).

Океанология

Теплеет ли Атлантика!

Международная экспедиция, возглавляемая Г. Парилья (G. Parilla; Океанографический институт в Мадриде, Испания), при участии представителей Вудс-Холского океанографического института (США) провела весной 1994 г. ряд измерений с целью определить физическое состояние атлантических вод между Западной Европой и Северной Америкой. Полученные результаты были сопоставлены с данными, собранными в этом же регионе с борта одного из кораблей испанского ВМФ, следовавшие

го вдоль 24° с. ш. летом 1992 г. Кроме того, использовалась информация других экспедиций, работавших в данной акватории в 1957 и 1981 гг.

Из анализа следует, что в субтропической части Атлантического океана идет заметное потепление. На некоторых глубинах оно по сравнению с концом 50-х годов весьма значительно — 0.32°C .

Еще в 1981 г. в западной Атлантике было зарегистрировано потепление на несколько десятых долей градуса по сравнению с 1957 г. Однако между 1981 и 1992 гг. процесс не был однозначным: в центральной и восточной частях Атлантического океана отмечалось потепление, а в западной — легкое похолодание. За 35-летний отрезок времени (1957—1992) в полосе, протянувшейся вдоль 24° с. ш., температуры повысились в наибольшей степени на глубине от 700 до 2500 м.

Такое потепление в общем отвечает параметрам, ожидаемым в результате накопления парниковых газов в атмосфере. Но полного совпадения нет: математические модели указывают на отчетливое потепление поверхностного слоя воды, в действительности же наблюдается «комбинация» потепления с похолоданием.

Эту ситуацию пытается прояснить Р. Дж. Стоуффер (R. J. Stouffer; Лаборатория геофизической динамики жидкостей при Национальном управлении по изучению океана и атмосферы США, Принстон, штат Нью-Джерси). Он объясняет это тем, что измерения проводились не в одно и то же время года, между тем температура именно верхних слоев океана резко колеблется в зависимости от сезона. Стоуффер и его коллеги не отрицают возможности того, что часть (или даже вся) ответственность за потепление лежит на естественных климатических вариациях. Ясность в этой важной проблеме пока отсутствует.

Nature. 1994. V. 369. № 6475.
P. 48 (Великобритания); Science
News. 1994. V. 145. № 19. P. 295
(США).

Вулканология

«Данте» спасен из «ада»

Полуавтономный вулканоланд «Данте» был сконструирован и построен сотрудниками Университета им. Карнеги и Меллона (Питсбург, штат Пенсильвания, США) для сбора научной информации о недоступных для людей глубинах кратера.

Испытательный запуск восьмиминутного робота с измерительными приборами на вулкан Эребус в Антарктиде оказался в 1993 г. неудачным: кабель с волоконной оптикой, по которому команды передавались в «мозг» вулканоланды «Данте», перекрутился, и механизм потерял управляемость. Аппарат был отправлен на переконструирование¹.

В августе 1994 г. робот «Данте-2» был испытан на вершине вулкана Спурр в штате Аляска. Начало было многообещающим: аппарат успешно спустился в кратер и взял там образцы газа из расселины. Но на обратном пути «Данте-2» оступился в скользкой вулканической грязи и упал на бок.

Сперва вулканоланд пытались вытащить из кратера с помощью вертолета, уцепившегося за кабель, который связывает робот с пунктом управления, но тот лопнул, и «Данте-2» рухнул обратно.

Дальнейшие вертолетные попытки откладывались из-за туманной нелетной погоды. И лишь через неделю пребывания «Данте-2» в кратере двое рабочих сумели спуститься туда и обвязать неудачника тросом. Затем с помощью лебедки вертолет все же выволок вулканоланд из «ада».

Теперь ему снова предстоит усовершенствование, пока НАСА не потеряет интереса к возможному использованию подобного вулканоланды также и в качестве марсохода.

New Scientist. 1994. V. 143. № 1939.
P. 4 (Великобритания)

¹ Подробнее см.: Робот в жерле вулкана // Природа. 1993. № 4. С. 114; «Данте» потерпел неудачу // Природа. 1994. № 7. С. 119.

Археология.
Палеогеография

Новые сведения об Эцти

Эксперты, приглашенные из разных стран, продолжают изучать мумифицированное тело Эцти, которое пролежало почти невредимым более 5 тыс. лет на леднике в Эццальских Альпах, а после обнаружения было помещено в лабораторию Инсбрукского университета (Австрия); параллельно в Центральном римско-германском музее (Майнц, Германия) идет исследование его одежды и имущества¹.

Т. Лой (Т. Loy; Национальный австралийский университет, Канберра), подверг анализу микроскопические остатки крови и волосы, обнаруженные на каменных ножах и кинжалчике, лежавших рядом с телом Эцти. Установлено, что эти орудия незадолго до гибели их владельца применялись для добычи и разделки туши благородного оленя, серны и горного козла. Лой подчеркнул, что все эти находки дают возможность «вещественного ознакомления» с образом жизни не мумифицированного фараона, царя или жреца, а «рядового» их современника, чье имущество весьма показательно для изучения материальной культуры столь отдаленной эпохи. Согласно выводам исследователя, последним действием Эцти при жизни была починка рукоятки медного топора. Этим он занимался за «обедом», который состоял из каши (по крайней мере, именно ее остатки сохранились на топо-

ре). Скорее всего, это была ячменная каша; ее зернышки прилипли к обеим сторонам лезвия топора и заметны также у основания топорика. Вероятно, владелец брался за него рукой, измазанной в каше.

Остатков мяса около тела не было найдено. Предположение, что Эцти был пастухом, Лой отвергает; о том, что это был «профессиональный» охотник, говорит разнообразие убитых им диких животных, а также полнота «набора» охотничьего оружия и инструментов. Видно также, что он умел обрабатывать кости животных и рога, превращая их в орудия. Найденную здесь же связку заостренных костей, скрепленных воедино растительными волокнами, ученый считает приспособлением для охоты на птиц.

Загадкой остается недоделанный лук из тисового дерева. Можно только предполагать, что охотник повредил свое прежнее оружие и начал изготавливать новое, пользуясь медным топором: на луке заметны соответствующие зарубки.

Следующий шаг в изучении «ледяного человека» Лой совершает совместно с М. Эггом (М. Egg; Музей в Майнце): они проводят анализ ДНК волос и крови Эцти с целью установить, откуда он родом; для этого результаты анализа предстоит сопоставить с образцами ДНК, взятыми из древних захоронений того же Альпийского региона.

Сенсацию вызвало открытие, которое сделали австрийские биологи К. Хазельвандтер и М. Эбнер (К. Haselwandter, M. Ebner; Инсбрукский университет). Исследуя остатки сена из обуви Эцти (очевидно, он вложил его для утепления), они обнаружили в нем два вида микроскопических грибов — *Absidia* *corym-*

bifera и *Chaetomium globosum*. Как это ни удивительно, грибы возобновили жизнедеятельность, как только сено было помещено в питательный агар — и это спустя 5300 лет, прошедших с момента гибели Эцти! Таким образом, в руки ученых попали самые древние живые грибы из когда-либо известных специалистам.

Грибок *absidia* обычен для теплых условий разлагающегося сена, споры же его переносят температуру ниже нуля. Хетомииум вообще предпочитает низкие температуры. При инкубировании образцов сена из обуви Эцти жизнедеятельность спор проявилась по всей длине травинки, а это говорит о том, что споры находились в их внутренней части. Если бы споры попали в сено после освобождения тела ото льда, они не смогли бы колонизировать сухие травинки столь быстро. Кроме того, до сих пор неизвестны случаи обитания обоих видов грибов на такой высоте в Альпах, поэтому вполне очевидно, что их занес туда Эцти.

Цикл воспроизводства потомства у этих грибов обычно измеряется неделями. За то время, что споры пребывали в обуви Эцти, могло смениться около 60 тыс. поколений таких грибов, причем каждая смена могла приводить к некоторым генетическим изменениям.

Хазельвандтер намерен сопоставить геномы древних грибов и их современных сородичей, чтобы установить, произошла ли за 5 тыс. лет какая-либо эволюция этих организмов. Однако не исключено, что такой срок недостаточно долг для заметных генетических изменений. Исследования продолжают.

New Scientist. 1994. V. 141. № 1911. P. 5; № 1917. P. 10 (Великобритания); FEMS Microbiology Letters. 1994. V. 116. P. 189 (Нидерланды).

¹ Подробнее см.: Машенко Е. Н. Мумия «ледяного человека» из неолита // Природа. 1994. № 2. С. 50—53; Как погиб Эцти? // Природа. 1993. № 5. С. 118; Изумительная находка // Природа. 1992. № 9. С. 117.

Фрагменты из жизни Г. А. Гамова

Д. А. Киржниц,
член-корреспондент РАН
Москва

В НАЧАЛЕ 30-х годов выдающийся российский физик-теоретик Г. А. Гамов (1904—1968) совершил «измену Родине», не вернулся в Россию из зарубежной командировки, и окончил жизнь гражданином США. Его имя было предано у нас анафеме и на долгие годы отгорожено от России глухим барьером, сквозь который (в соответствии с установленным самим же Гамовым фактом отсутствия в природе абсолютно непроницаемых барьеров) просачивался лишь минимум информации.

Сегодня, к счастью, многие политические оценки сменили свой знак. Стали появляться и публикации о Гамове. Наконец, каждый из участников проходившей в сентябре 1994 г. в Одессе конференции, посвященной 90-летию Гамова, стал обладателем русского издания его автобиографии. Книга, давно и широко известная по ссылкам на английское издание, теперь в принципе общедоступна (ее тираж — 7000 экз.).

Автобиографический очерк Гамова охватывает главным образом доамериканский период. Последующие 35 лет описаны в коротком «Послесловии» с подзаголовком «Заметки о моей жизни в Соединенных Штатах», где Гамов



Джордж Гамов. МОЯ МИРОВАЯ ЛИНИЯ: НЕФОРМАЛЬНАЯ АВТОБИОГРАФИЯ. Предисл. Ст. Улама. Пер. с англ., коммент. и доп. мат. Ю. И. Лисневского. М.: Издат. фирма «Физико-математическая литература», ВО «Наука», 1994, 302 с.

бегло касается своих научных исследований, военных консультаций и популярных книг. К очерку приложены хронологическая таблица жизни автора и список его научных публикаций. Значительную по объему часть этого издания занимают подробные комментарии переводчика и другие дополнительные материалы, содержащие много интерес-

ной и важной для воссоздания облика ученого информации. Все в целом замыкает статья «Эпоха Гамова глазами современника», принадлежащая перу единственного ныне здравствующего сподвижника Гамова, товарища по учебе и работе в Ленинграде на рубеже 20—30-х годов, профессора МГУ Д. Д. Иваненко.

Автобиография написана Гамовым ярко и демонстративно присущее ему владение точным, не обремененным излишествами языком. Немало интересного и поучительного извлечет из нее и любознательный старшеклассник, и зрелый профессионал. Сам автор отмечает некоторую фрагментарность своего очерка, объединяющего множество коротких историй, связанных с его жизнью. Тем не менее из них складывается общая картина, характеризующая и личность, и эпоху, и до некоторой степени науку, служению которой посвятил себя Гамов.

Георгий Антонович родился в Одессе в семье преподавателей гимназии. Его предки по отцовской линии были военными, по материнской — священнослужителями. Рано проявив интерес к естественным наукам, он получает в 1922—1929 гг. физическое образование — в университетах Одессы и Ленинграда, а затем в аспирантуре. Своим учителем он считал

А. А. Фридмана, который, хотя и передал ученику космологическую эстафетную палочку, был далек от ядерной физики и не дожид до создания квантовой механики. Этими науками Гамов овладел с помощью своих старших товарищей у нас в стране и за рубежом.

Немалую роль в жизни Гамова сыграла молодежная компания — Джо-банда, или Джаз-банд, куда кроме него входили также Л. Д. Ландау, М. П. Бронштейн, Д. Д. Иваненко и др. При всем отпугивающем и инфантильном экстремизме большинство членов Джо-банды серьезно работало в науке, сообщая постигая квантовые премудрости. В 1925—1933 гг. Гамов — сотрудник или консультант научных учреждений Ленинграда. В 1928—1931 гг. он много раз выезжает на Запад, работает в Геттингене, Копенгагене, Кембридже, общается с ведущими специалистами по квантовой механике и физике ядра, включая Э. Резерфорда и Н. Бора. В 1932 г., не достигнув 30-летия, Гамов становится членом-корреспондентом Академии наук СССР.

1933 год — «особая точка» в биографии Гамова: при поддержке Молотова и Бухарина он выезжает вместе с женой в командировку в Брюссель и там принимает решение остаться за границей. В 1933—1934 гг. он живет в Брюсселе, Париже, Кембридже, Лейдене, а затем переезжает в США, где состоит профессором столичного университета Дж. Вашингтона (1934—1956) и Колорадского университета в г. Болдер (с 1956 г. до конца жизни). Там же, в Болдере, он и скончался 19 августа 1968 г.

Характеризуя научное творчество Гамова, известный астрофизик И. С. Шкловский подчеркнул особую суровость и строгость науки, в которой, выражаясь футбольным языком, не учтываются изящные

финты, пасы, дриблинги, а в счет идут лишь чистые голы. Их у Гамова было по крайней мере три.

Первый гол, сразу же принесший 24-летнему Гамову мировую известность, — создание теории альфа-распада атомного ядра (1928). Второй, самый, пожалуй, знаменитый гол Гамова — это модель «горячей» Вселенной (1946—1948). Наконец, третий гол, забитый Гамовым, относится к области молекулярной биологии, весьма далекой от физики. Гамову принадлежит здесь первый расчет генетического кода, т. е. установления принципов передачи наследственной информации от молекулы ДНК к белкам (1954)¹.

Особого разговора требует та часть автобиографии Гамова, которая относится к ключевому, поворотному этапу его жизни, когда он принял и осуществил решение навсегда покинуть Родину и остаться работать на Западе. Поражает, насколько скуп автор пишет об этом, давая повод обвинить себя в легковесности и инфантильности. Фактически все сказанное по этому поводу укладывается в следующую нехитрую схему: удачное начало карьеры (ранний успех, всеобщее признание, теплый прием на Западе, обширные заграничные планы) — отказ откомандировать его на зарубежную конференцию — стремление любым способом покинуть страну («Ах, так!...»). Достаточно легкомысленными выглядят и планы реализации этого стремления — чего стоит, например, описание неудачной попытки переплыть с женой из Крыма в Турцию на байдарке.

Однако рецензент понимает, что автобиографический очерк — не исповедь, а

скудость изложения вовсе не свидетельствует о примитивности в эмоциональном или этическом плане. Дело, скорее, в том, что членам Джаз-банды была вообще присуща нетерпимость к «занудству» в широко понимаемом смысле, включая употребление «высоких слов», рефлексии и т. п. Кроме того, нельзя забывать, что гамовский очерк адресовался западному читателю, плохо понимающему проблемы «невозвращения». Можно полагать, что в действительности у Гамова были глубокие и выстраданные мотивы (угроза свободе и жизни в России 30-х годов), которые, к сожалению, остаются неизвестными читателям.

Это дает основание добавить и такое предположение: Гамова, как и многих сегодняшних эмигрантов, привлекали условия, обеспечивающие спокойную и продуктивную научную работу. Именно в годы, непосредственно предшествовавшие его окончательному отъезду, Гамов остро почувствовал отсутствие таких условий. Имеется в виду не только глухой запрет на заграничные командировки, с которым столкнулся Гамов после 1931 г., но и крах его попыток выделить из состава Физико-математического института особый Физический институт с преобладающей теоретической тематикой².

Всякий человек, который действительно чего-то стоит, платит за внешнее благополучие своей эмигрантской жизни болезненным отрывом от культурных, природных российских корней. В полной мере это относилось и к Георгию Антоновичу Гамову.

В заключение хочется искренне порекомендовать книгу Гамова широким слоям читателей.

¹ Подробнее см.: Френкель В. Я., Чернин А. Д. Возвращается Г. А. Гамов // Природа. 1989. № 9. С. 82—103.

² Горелик Г. Е., Савина Г. А. Г. А. Гамов... зам. директора ФИАН // Природа. 1993. № 8. С. 82—90.

Воркутинские дни профессора Г. Л. Стадника

Л. Н. Беляков

Очерк дает читателю осязаемое представление сразу о двух людях. Первый — это, естественно, герой повествования. Второй — его автор Лев Николаевич Беляков (1926—1991). За строками о Стадникове просматривается и эзковская биография геолога Белякова, и его дар рассказчика, и такие притягательные качества, как профессиональная компетентность, скромность истинного интеллигента и благородство души.

Получив освобождение в 1955 г., Лев Николаевич стал крупнейшим геологом Воркуты, опубликовал около ста научных работ и создал тектоническую карту Тимано-Уральской провинции.

СУДЬБА свела меня в тяжёлые годы в Воркуте, в Речлаге, с Георгием Леонтьевичем Стадниковым, и благодарная память об этом моем старшем друге и покровителе всегда со мной. Но писать о нем, как и обо всем, связанном с теми годами, все же трудно.

Георгий Леонтьевич — один из крупнейших отечественных химиков-органиков первой трети XX в., человек, несомненно имевший в научных кругах мировую известность. Кем бы он стал на научной арене, если бы не арест в 1937 г.?.. Ведь еще до революции он был молодым профессором Московского университета; имея обширные научные интересы, не раз бывал в Европе и Америке, у него было много друзей среди выдающихся химиков. Научное наследие Г. Л. Стадника разнообразно, очень много он занимался химией топлива. Он — один из авторов органической теории происхождения нефти.

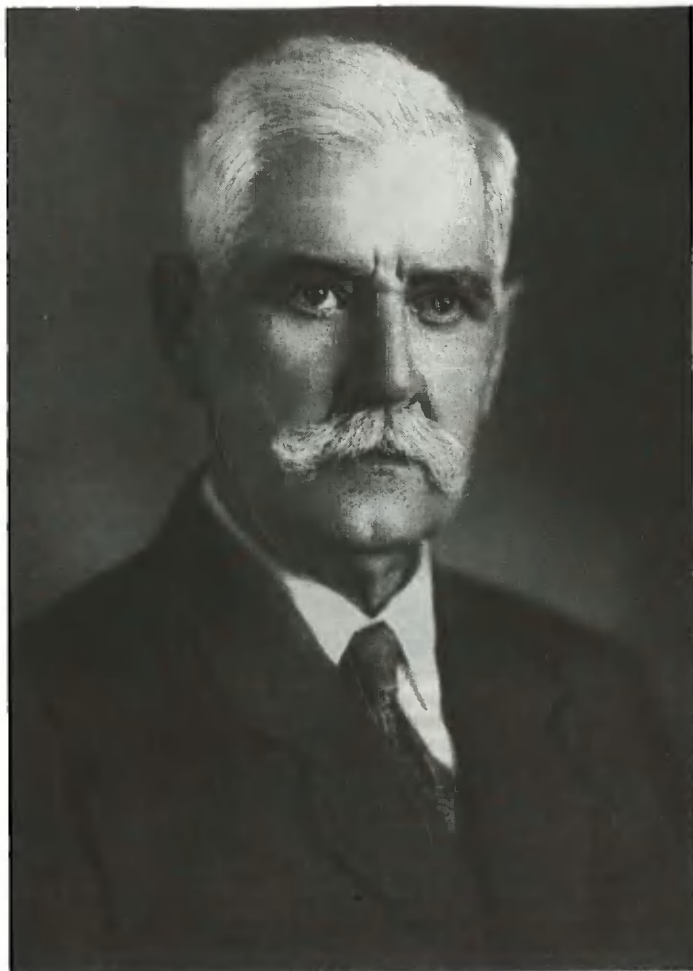
В своих исследованиях Георгий Леонтьевич раскрывает несостоятельность неорганической теории происхождения нефти, указывая на отсутствие ее опытно-экспериментальной проверки. В то же время развиваемые им пред-

ставления об органическом происхождении нефти базируются на лабораторных химических анализах, позволяющих проверить теоретические соображения геологов. Его опыты показали, что в местах первичного залегания нефть образуется в виде эмульсии определенного состава, а в процессе миграции ее состав меняется в зависимости от взаимодействия с породами. Назову ряд монографий Г. Л. Стадника: «Химия углей» (М., 1933), «Химия коксовых углей» (М., 1934) и весьма известное издание «Происхождение угля и нефти» (М., 1937).

Год издания последней монографии и стал для него роковым, и не мог не стать. Он был слишком яркой звездой на научном небосклоне, быстро затгивавшемся серой пеленой бездари, среди которой было немало и доносчиков, — а Георгий Леонтьевич не умел скрывать своего отношения к действительности. Его посадили по доносу сотрудников Института горючих ископаемых Академии наук, в том числе и собственных аспирантов. Он получил 20 лет срока «в дальних табуретах с беленькими хатками», как нередко повторял он лагерную прибаутку. Геологи и горняки могут теперь удивляться предъявленным ему обвинениям такого типа: «выдал немецкой разведке зональность основ-

ных пластов Донбасса»; «выдал итальянской разведке теплотворную способность торфов Европейского Севера СССР». Все эти глупости Стадников сам подсказал во избежание худшего невежественному следствию, полагая, что любой суд посмеется над этими «сведениями», давно изложенными в учебниках штейгского дела и прочей литературе. Но суд не посмеялся, и Георгий Леонтьевич поехал и поплыл труднейшим этапом — из Москвы в Архангельск и далее в Нарьян-Мар, на барже по Усе и Печоре до поселка Воркута-Вома и, наконец, пешком — до Рудника, где тогда находился центр Воркутстроя НКВД (город Воркута на левом берегу еще только начинался).

Георгий Леонтьевич перенес самый тяжелый первый период лагерного «крещения», остался жив, смог перетерпеть ужасные голодом и цингой военные годы. Он сумел даже как-то продолжить научную работу и, почти не имея литературы, написать две книги, которые после его освобождения в 1955 г. были почти немедленно изданы. Это — «Самовозгорающиеся угли и породы, их геохимическая характеристика и методы опознавания» (М., 1956) и «Глинистые породы» (М., 1957). Мне он говорил, что научная общественность помогла, в том числе академик А. Н. Несмеянов,



Георгий Леонтьевич Стадников после возвращения из лагеря. Фото с дарственной надписью Л. Н. Белякову от «воркутского бати». Надпись сделана в октябре 1956 г.

тогдашний президент Академии, один из его учеников («Не все же нуды, слава Богу!» — повторял Г. Л.).

Такой жизненный путь мог проделать только человек большой смелости, силы духа и бескомпромиссности. Об этих его качествах свидетельствует хотя бы сноска на с. 152 его книги «Глинистые породы». К этой сноске я еще вернусь. «Пробить» ее через редакцию в 1956 г. (когда готовилась кни-

га) было нелегко и опасно, а он требовал не менять в книге ни одной строчки, иначе грозил забрать рукопись. (Он бы так и сделал.) Такую твердость, едва выбравшись из 18-летнего «отдыха» в ГУЛАГе, мало бы кто рискнул проявить. Книга же эта посвящена Софии Иоилевне Стадниковой — дорогой жене, прекрасному другу, преданному спутнику на жизненном пути, как написано в посвящении.

Впервые я увидел Георгия Леонтьевича ярким мартовским днем 1950 г. В Заполярье была в разгаре «весна света», ярко блестел плотный снег, однако, по понятиям жителя средней полосы, денек был совсем не веселым: мороз около тридцати при силь-

ном ветре, этом постоянном биче воркутинской погоды.

Два человека выделялись в толпе бушлатников, стоявших перед проходной вахтой из жилой зоны в промзону старой воркутинской шахты № 8. Оба они были очень высоки и прямы, и оба немалоды. Слегка отвернув от режущего ветра покрасневшие лица, они молча ожидали своей очереди на проход в шмон несколько в стороне от других.

Эти колоритные фигуры встретились мне и на следующий день. На вопрос: «Кто это?» — ответ последовал с нескольких сторон: «Дед Стадников, профессор», «Химики Стадников с Пшеничным». Георгий Павлович Пшеничный, химик, русский эмигрант из Болгарии, был в то время единственным сотрудником Стадникова.

Через несколько дней мы познакомились. Георгий Леонтьевич с Пшеничным работали в помещении, состоявшем из двух небольших продолговатых комнат, заставленных лабораторным оборудованием. Была и прихожая — там стояли крупные бутылки с кислотами и ящик с углем. В помещении тепло — от топящейся маленькой печки и от самодельных электроплиток, служивших для работы. Все это помещалось на территории промзоны Восьмой шахты в одном из низких деревянных зданий, где располагался еще ряд подобных мелких заведений. Числился Георгий Леонтьевич за ЦНИЛ комбината «Воркутауголь». ЦНИЛ располагалась через реку, в городе Воркуте. Георгий Леонтьевич руководство ЦНИЛовское не любил, а поскольку в выражениях своих симпатий и антипатий был крайне недвуусмыслен, то начальство посещало его редко. Но отдельные вольные сотрудники заходили по делам в маленькую лабораторию Стадникова. Очень радовался он приходу обаятельной и приветливой женщины Екатерины Павловны Чичиковой, химика и одного из основателей ЦНИЛ. С ней и с заходившим чаще других химиком Лапиным решал Стадников сложные для того времени вопросы «мате-



На обороте надпись: «Дорогому сожителю барака № 1^а приснопамятного Лазотделения № 9 Воркуттреллага от Г. Л. Стадника № 17-244».

риально-технического снабжения» — добычания реактивов, посуды. Достать все это было нелегко. Оборудование маленькой лаборатории было весьма несложным. И Стадников, и Пшеничный были вынуждены обстоятельствами стать мастерами на все руки.

Общаясь с проходившими в зону по пропускам геологами Геологического управления, помещавшегося здесь же, на поселке Рудник, Георгий Леонтьевич задумался о приложении своих знаний к решению геологических задач. Когда мы познакомились, он уже создал методику выяснения условий образования горных (прежде всего глинистых) пород путем определения разработанного им коэффициента солёности. Решение указанного вопроса представляет несомненный интерес для геологов различных профилей, кото-

рым нужно знать фациальную обстановку накопления осадков. При своих изысканиях Георгий Леонтьевич сотрудничал с Константином Генриховичем Войновским-Кригером, известным исследователем Печорского угольного бассейна и Полярного Урала, и Владимиром Васильевичем Погорелым, высококвалифицированным палеонтологом, изучившим фауну пермских угленосных отложений.

Определение степени солёности среды осадконакопления по методу Стадникова надёжно контролировалось при его разработке именно изучением обитавшей в этой среде фауны. В значительной степени своим «геологическим образованием» Георгий Леонтьевич обязан был длительному общению с донским казком, профессором-палеонтологом из Ростова-на-Дону Владимиром Владимировичем Богачевым, который обладал обширными знаниями во всех отраслях геологии. В уже упоминавшейся монографии Г. Л. Стадникова «Глинистые породы» на с. 152 есть сноска: «Этими сведениями о пестроцветных породах я обязан

В. В. Богачеву, интереснейшие беседы с которым на нарах лагерного барака буду хранить в памяти до конца моей жизни с чувством глубокого уважения и признательности».

«Дед Вова» (Богачев В. В.) и «дед Жора» (по принятой тогда терминологии) беседовали, и, разумеется, не только о геологии, очень часто, хотя более различных людей по манере вести беседу представить себе трудно. Аргументам Богачева, изложенным языком рафинированного интеллигента, Георгий Леонтьевич с артистизмом противопоставлял свои положения на каторжном, с местным воркутинским колоритом, языке, перемежая их, однако, латинскими и древнегреческими фразами. Сын неграмотного крестьянина из-под Павлограда (на Украине), он обладал чувством юмора и несомненным артистизмом.

В 1955 г., когда режим Речлага стал ослабевать, расширились связи Георгия Леонтьевича с геологами. Он стал выступать, пропагандируя свою методику. Весною 1955 г., неожиданно освободившись, я начал работать в тресте «Печорауглеразведка». Мне запом-

нилось одно из таких выступлений перед геологами на поселке Рудник. Небольшой зал в двухэтажном (ныне трехэтажном) здании, где размещался тогда трест, битком набит геологами, химиками, обогатителями — все собрались послушать Стадника. Встречу организовали руководители треста Б. Л. Афанасьев и С. А. Голубев. Входит высокий пожилой человек, но отнюдь не старик, держащийся удивительно прямо. Белые, как снег, волосы, густые, тоже белые, усы; но самое главное, привлекающее внимание, — это на гладко выбритом, совершенно лишенном морщин лице блестящие темные глаза. Одет он был в свой излюбленный «парадный мундир» — голубую в белый горошек косоворотку, поверх нее стеганый жилет, теплые брюки и валенки. В руках — толстенная палка, которой он громко постукивал перед собой. Он был очень красив, а в его манере держаться, постукивая палкой, чувствовался как бы некий вызов предполагаемым оппонентам. И палка в его руках находилась явно не для поддержки, в которой он не нуждался, а выглядела как некое грозное оружие. (Я был свидетелем, как «дед Стадников» решительно пускаял его в ход.)

Собравшиеся слушали его с глубоким вниманием. Он говорил о весьма серьезных вещах очень просто, как будто беседовал с хорошими знакомыми. Почти не употреблял сложных терминов, но часто прибегал к цитатам из русских и иностранных авторов. Около двух часов продолжалась лекция, но внимание в зале не ослабевало. Неоднократно Георгий Леонтьевич делал отступления, наполненные искрящимся русским и украинским народным юмором. Когда он кончил, его окружили плотным кольцом, и беседа продолжалась в коридоре.

В то время определение среды осадконакопления глинисто-алевритовых пород производилось в химвлаборатории треста под руководством Г. Э. Бонвича, О. Т. Дидуна и Л. А. Тутуровой. К сожалению, столь результативный для гео-

логов, особенно четвертичников, угольщиков и нефтяников, этот метод незаслуженно забыт геологами и химиками и теперь не применяется в лаборатории, где был первоначально разработан.

В первой половине 50-х годов в рабочей зоне шахты № 8 Георгий Леонтьевич решал проблему самовозгорания углей. Эту трудоемкую, большую работу он проводил с особым упорством, не раз повторяя, что от ее решения зависят жизни горняков многих стран мира. Как и при других его разработках, контакт с геологами Геологического управления Воркуты здесь был постоянным. В сборе образцов довелось ему помочь и мне. Навсегда запомнилось, с каким исключительным вниманием он относился к документации каждого образца, к месту, времени отбора, характеристике вмещающих пород. Абсолютная достоверность документации была стилем его работы. (Я это знаю сам, так как немного помогал ему. Я работал тогда на шахте № 8, сменив много «профессий», знал все выработки и, так как в прошлом был хоть и очень зеленым, но геологом, понимал, как и где надо отбирать интересовавшие Георгия Леонтьевича образцы. Надо было только успеть после смены, соскочив с каната, занести их в маленькую лабораторию Г. Л.)

Что же помогло Стадникову сохранить в тяжелых условиях здоровье и замечательную работоспособность? Полагая, что в основном следующее: удивительный оптимизм и глубокий интерес к окружающему миру, а также режим жизни, насколько это можно было в тех условиях.

Отдых свой он видел в общении с людьми. Стукачей не боялся, но собеседников выбирал придирчиво, и попасть в число его «гостей» было трудновато. В людях он ценил «дух» и непосредственность и не терпел «двоемыслия» и трусости во всех их проявлениях. Так, с некоторыми замечательно умными людьми прерывал всякие отношения при первых же проявлениях последнего качества, которое он

считал худшим из людских пороков. (Это относилось, в частности, к некоторым известным на Воркуте геологам и мерзлововедам. Не будем их называть — они уж очень были травмированы лагерем, да теперь уже и покойники...) А собеседник и рассказчик Стадников был необыкновенный. Про свою долгую, наполненную разными событиями жизнь рассказать ему было что. Невольно вспоминается сушилка барака, где над жарко натопленной печкой висит одежда и обувь. Здесь, когда он был в ударе, Георгий Леонтьевич буквально царствовал. Взрывы хохота возмещали, что «дед Стадников» ведет беседу. Далеко не все его рассказы могли бы быть предназначены для деликатных ушей, он оснащал их весьма живописными подробностями и «кизюминками». Если бы Георгий Леонтьевич взялся за перо как беллетрист, то успех был бы несомненный.

Когда позволяли погода и время, с ним можно было прогуливаться по «главной улице» поселка шахты № 8, ведя беседу, поглядывая в синее, а большей частью белеющее на востоке вершины Полярного Урала.

Георгий Леонтьевич был разносторонне одаренной натурой, и круг его интересов был неисчерпаем. Одним из его несомненных увлечений была кулинария, и это отнюдь не носило характера болтовни полуголодных или голодных людей. Еще будучи приват-доцентом Московского университета, он за немалые деньги брал уроки у шеф-поваров лучших московских ресторанов, в том числе «Яра». Часами мог рассказывать об особенностях кухни различных народов, многие ему были досконально знакомы. Особенности кухни он увязывал с климатом, характером и даже характером мышления каждого народа.

Условия Речлага не располагали для занятий кулинарией, но даже свой Г. П. Пшенничного скромный рацион он обрабатывал, как кулинар. Помню, как мелкую рыбешку, типа камсы, Георгий Леонтьевич собирал в литровую банку,

добавлял хлопкового масла, тертого чеснока, уксуса. Получалось замечательно вкусное блюдо, каким не однажды спасался и я. Угощение поистине царское. Летом Георгий Леонтьевич, когда его изредка выводили за зону, собирал щавель, одуванчики и дикий лук и делал из них различные салаты, например, тертый щавель с тем же чесноком. Постоянно употреблял по несколько капель спиртовой вытяжки из чеснока, которую считал лучшим лекарством от всех хвороб. В войну, как он рассказывал, когда жилой зоны как таковой не было, он спасался от цинги сам и спасал других именно сбором трав и лука...

Всю жизнь он учил языки. Во время нашей совместной жизни в бараке 1-а он изучал итальянский. Изучение языка являлось для него не только увлечением, но и чем-то вроде мозговой гимнастики, которой он считал необходимым дополнять свои ежедневные упражнения. Режим он держал на протяжении многих лет истинно железный — и в Воркуте, и по возвращении, как я знаю, в Москве, где поселился в зеленом районе Сокольников. (Опять помог президент

Академии А. Н. Несмеянов.)

В Воркуте ежедневно, приходя рано утром в свою маленькую лабораторию, он колот дрова. Занимался разминкой и среди дня, приседая и делая дыхательную гимнастику. Помню, тогда я удивлялся: зачем это? И не лучше ли полежать? Дед отвечал соответственно. Уже вернувшись в Москву, Стадников нашел новое спортивное увлечение — брал лодку и ежедневно катался на живописных Оленьих прудах в Сокольниках.

Заполярный климат не смог нанести существенный вред могучему здоровью Георгия Леонтьевича. Однако больше всего он страдал от «светового голода» зимой. Темная полярная ночь, когда постоянно горит слабый электрический свет, мешала его занятиям, в частности тем, что не позволяла много читать. Как радовался он начинающим в марте солнечным дням, приговаривая: «Весна не за горами, еще поработаем».

Память служила Георгию Леонтьевичу очень надежно — в любой период его жизни сохраняя все прочитанное и виденное им в красочном виде, с цифрами и мельчайшими

подробностями. В те годы ни малейших возрастных изменений, как, впрочем, и в последующие годы его жизни, не наблюдалось, хотя лет ему было уже весьма немало.

Хотелось бы отметить большую популярность Георгия Леонтьевича среди самых различных слоев и групп лагерного населения. Он обладал тремя наиболее ценными здесь качествами: неистощимым оптимизмом, талантом рассказчика и решимостью постоять за себя и своих друзей, т. е. «показать дух». Все окружающие относились к нему с невольным почтением, чувствуя силу и значимость этого человека. Поэтому многие из старых воркутян, особенно геологов и химиков, вспоминают его и будут помнить всегда, не говоря уже о тех, кому довелось дружить с ним.

Георгий Леонтьевич умер в Москве 18 ноября 1973 года в возрасте, близком к девяносту. Его могила — на Донском кладбище, слева от старого крематория. Сейчас я опять посмотрел на фото Г. Л., где в дарственной надписи указан его речлаговский номер: «17-244».

Над номером работали
Ответственный секретарь
Л. П. БЕЛЯНОВА

Заместитель ответственного
секретаря
В. И. ЕГУДИН

Научные редакторы
И. Н. АРУТЮНЯН
О. О. АСТАХОВА
М. Ю. ЗУБРЕВА
Г. В. КОРОТКЕВИЧ
Т. Ю. ЛИСОВСКАЯ
М. С. ПОКРОВСКАЯ
Н. А. ПОТАПОВА
К. Л. СОРОКИНА
Н. В. УЛЬЯНОВА
Н. В. УСПЕНСКАЯ
О. И. ШУТОВА

Литературный редактор
Г. В. ЧУБА

Художественные редакторы
Л. М. БОЯРСКАЯ, Е. В. СИНИЦЫНА

Заведующая редакцией
И. Ф. АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Е. Е. БУШУЕВА

Компьютерный набор
А. Г. ЕВСТИГНЕЕВ

Корректоры
Т. Н. МОРОЗОВА
Н. Р. НОВОСЕЛОВА

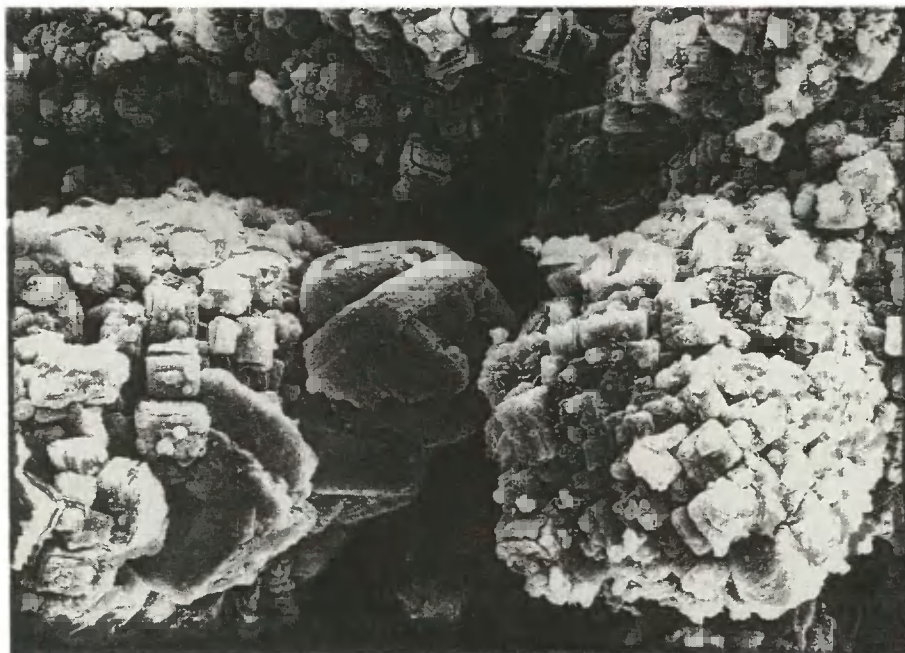
В художественном оформлении
номера принимали участие
В. И. ЕГУДИН
В. С. КРЫЛОВА

Издательство «Наука» РАН

Адрес редакции:
117810, Москва, ГСП-1
Мароковский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 21.12.94
Подписано в печать 7.02.95
Формат 70×100 1/16
Бумага типографская № 2
Офсетная печать
Усл. печ. л. 10,32
Усл.-кр. отт. 247,6 тыс.
Уч.-изд. л. 15,1
Тираж 9250 экз.
Заказ 3816

Ордена Трудового Красного
Знамени
Чеховский полиграфический
комбинат
Комитета Российской
Федерации по печати
142300, г. Чехов
Московской области



«Черные курильщики» в глубинах Мирового океана — это не только экзотические ландшафты и, возможно, горнорудное сырье будущего. Это природная лаборатория, в которой исследователи пытаются в деталях проследить происходящий там процесс образования сульфидных залежей. Главная цель таких исследований — выявить фундаментальные закономерности гидротермального рудообразования, которые могут быть использованы, в частности, и при поиске колчеданных месторождений на суше.

Краснов С. Г. КРУПНЫЕ СУЛЬФИДНЫЕ ЗАЛЕЖИ В ОКЕАНЕ

Индекс 70707

ISSN 003 2-874X. Природа. 1995. N 1. 1-128.