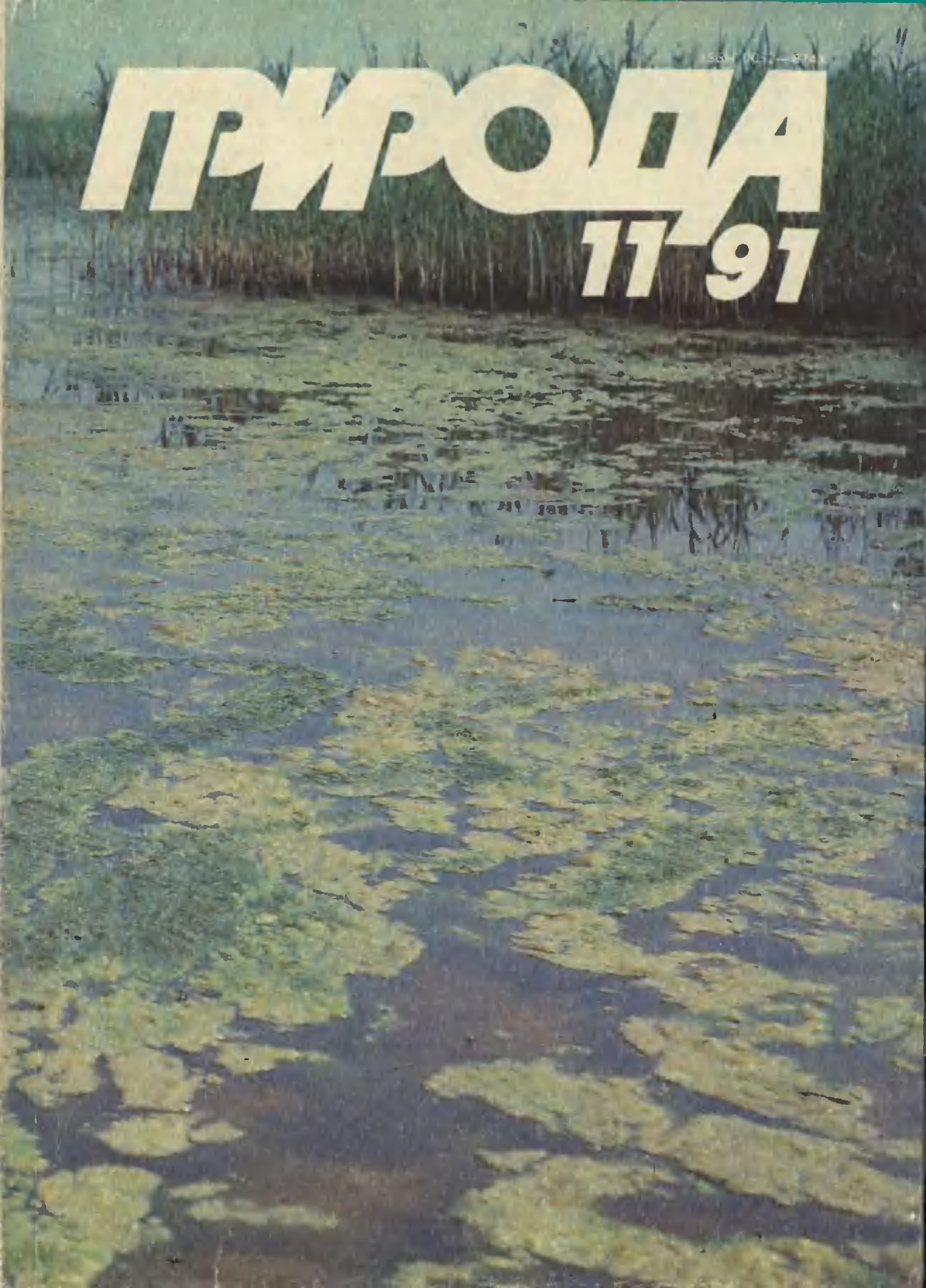

ПРИРОДА
11-91

ПРИРОДА

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
ПОПУЛЯРНЫЙ
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

Издается с января 1912 года

Главный редактор академик Л. Д. ФАДДЕЕВ
Заместитель главного редактора Ю. Н. ЕЛДЫШЕВ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Академик В. П. АЛЕКСЕЕВ (археология, антропология), академик В. Л. БАРСУКОВ (геохимия, планетология), академик АМН СССР А. И. ВОРОБЬЕВ (медицина), доктор биологических наук Н. Н. ВОРОНЦОВ (биология, охрана природы), доктор геолого-минералогических наук Г. А. ГАБРИЭЛЯНЦ (геология), академик Г. П. ГЕОРГИЕВ (молекулярная биология), член-корреспондент АН СССР С. С. ГЕРШТЕЙН (физика), академик Г. С. ГОЛИЦЫН (физика атмосферы), академик И. С. ГРАМБЕРГ (океанология), академик В. А. ЖАРИКОВ (геология), член-корреспондент АН СССР Г. А. ЗАВАРЗИН (микробиология, экология), член-корреспондент АПН СССР В. П. ЗИНЧЕНКО (психология), академик В. Т. ИВАНОВ (биоорганическая химия), академик В. А. КАБАНОВ (общая и техническая химия), доктор физико-математических наук С. П. КАПИЦА (физика), член-корреспондент АН СССР Н. С. КАРДАШЕВ (астрофизика, космические исследования), академик Н. П. ЛАВЕРОВ (геология), член-корреспондент АН СССР В. А. СИДОРЕНКО (энергетика), академик В. Е. СОКОЛОВ (зоология), член-корреспондент АН СССР В. С. СТЕПИН (философия естествознания), член-корреспондент АН СССР В. Н. СТРАХОВ (геофизика), член-корреспондент АН СССР Л. П. ФЕОКТИСТОВ (физика).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

И. Н. АРУТЮНЯН (редактор отдела физико-математических наук), О. О. АСТАХОВА (редактор отдела биологии и медицины), кандидат химических наук Л. П. БЕЛЯНОВА (редактор отдела экологии и химии), член-корреспондент АН СССР Н. А. БОГДАНОВ (геология), член-корреспондент АН СССР В. Б. БРАГИНСКИЙ (физика), член-корреспондент АН СССР А. Л. БЫЗОВ (физиология), доктор географических наук А. А. ВЕЛИЧКО (палеогеография), доктор физико-математических наук Л. П. ВИННИК (геофизика), доктор географических наук Н. Ф. ГЛАЗОВСКИЙ (география), доктор физико-математических наук А. А. ГУРШТЕЙН (астрономия, история науки), член-корреспондент АН СССР Г. В. ДОБРОВОЛЬСКИЙ (почвоведение), доктор геолого-минералогических наук Л. П. ЗОНЕНШАЙН (геотектоника), М. Ю. ЗУБРЕВА (редактор отдела географии и океанологии), член-корреспондент АН СССР С. Г. ИНГЕ-ВЕЧТОМОВ (генетика), доктор физико-математических наук М. И. КАГАНОВ (физика), доктор физико-математических наук Н. П. КАЛАШНИКОВ (физика), доктор физико-математических наук А. А. КОМАР (физика), Л. Д. МАЙОРОВА (редактор отдела геологии, геофизики и геохимии), доктор биологических наук Б. М. МЕДНИКОВ (биология), Н. Д. МОРОЗОВА (редактор отдела научной информации), доктор технических наук Д. А. ПОСПЕЛОВ (информатика), член-корреспондент АН СССР И. Д. РЯБЧИКОВ (геология), доктор философских наук Ю. В. САЧКОВ (философия естествознания), доктор биологических наук А. К. СКВОРЦОВ (ботаника), Н. В. УСПЕНСКАЯ (редактор отдела философии, истории естествознания и публицистики), доктор биологических наук М. А. ФЕДОНКИН (палеонтология), доктор физико-математических наук А. М. ЧЕРЕПАЩУК (астрономия, астрофизика), член-корреспондент АН СССР В. Д. ШАФРАНОВ (физика), доктор биологических наук С. Э. ШНОЛЬ (биология, биофизика), доктор геолого-минералогических наук А. А. ЯРОШЕВСКИЙ (геохимия).

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Бурно развившиеся нитчатые водоросли в Киевском водохранилище. Смыв удобрений с полей вызывает эвтрофикацию водоемов и «цветение» воды. См. в номере: **Миркин Б. М.** Спираль истории агросферы.

Фото Т. Л. Андриенко

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Фотография участка неба в созвездии Секстанта, полученная с помощью Нового технологического телескопа Южной европейской обсерватории. Видны галактики до 29-й звездной величины. См. в номере: К самым «началам».

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

© Издательство «Наука» журнал «Природа» 1991

В НОМЕРЕ

3 АДАПТАЦИОННАЯ МЕДИЦИНА
(Интервью с Ф. З. Меерсоном)

На смену эмпирическим наблюдениям о теоретической пользе адаптации пришли строгие клинические исследования, которые уже сегодня дают положительные результаты.

9 **Неймарк Ю. И.**
ПРОСТЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

В основе современных знаний лежат прежде всего простые математические модели. Ведь математика — это не нагромождение формул, а лаконичный язык, на котором природа доносит нам свои тайны.

19 **Шевелев А. С.**
ВОПРОСЫ КЛАССИФИКАЦИИ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ

Накопившиеся в последние годы факты свидетельствуют о недостаточности подразделения иммунной системы на центральную и периферическую и требуют, по мнению автора, пересмотра ее классификации.

25 **Мусинов В. И.**
ДОБЫЧА НЕФТИ И ГАЗА С ПОМОЩЬЮ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

Эксперименты на опытных полигонах позволяют утверждать, что ядерные взрывы ограниченной мощности могут значительно повысить эффективность извлечения природных углеводородов.

ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

34 **Миркин Б. М.**
СПИРАЛЬ ИСТОРИИ АГРОСФЕРЫ

Разлад человечества с природой начался с сельского хозяйства, «синдром покорения» ее привел к «синдрому разрушения». Только теперь наступает отрезвление, идеология покорения меняется на поиск форм осторожного сотрудничества с природой.

44 **Березкин Ю. Е., Каспаров А. К.**
У ИСТОКОВ ЦИВИЛИЗАЦИЙ ЗАПАДНОЙ АЗИИ

Советско-английская экспедиция археологов, палеоботаников и почвоведов, углубившись в наиболее древние, почти не изученные слои, реконструировала неолитическое хозяйство джейтунцев, первыми вступивших 8—10 тыс. лет назад на девственную землю прикопетдагской равнины.

ВЕСТИ ИЗ ЭКСПЕДИЦИЙ

50 **Кеонджян В. П., Кудин А. М.**
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ДИАГНОЗ МОРСКОМУ ЗАЛИВУ

Советско-болгарский коллектив специалистов за короткое время исследовал экологическую ситуацию одного из самых неблагополучных черноморских районов — Бургасского залива. Сделанный прогноз стал основой реальных природоохранных мероприятий.

58 ИЗ РЕДАКЦИОННОЙ ПОЧТЫ

65 **Багоцкий С. В.**
РЕСНИЧНЫЕ ПРОСТЕЙШИЕ — КТО ОНИ?

От каких организмов произошли ресничные простейшие, или инфузории: от многоядерных одноклеточных или многоклеточных, утеряв при этом внутренние клеточные границы? Как бы ни оказалось, инфузории — совершенно особые существа!

70 **Крымский С. Б.**
КУЛЬТУРНЫЕ АРХЕТИПЫ, ИЛИ ЗНАНИЕ ДО ПОЗНАНИЯ

Самые неожиданные естественно-научные идеи имеют, как правило, историко-культурные аналоги в форме догадки или фантастического предвосхищения. Чем фундаментальнее идея, тем больше у нее прообразов.

76 **Войлошников М. В.**
СУДЬБА ИДЕИ ГЕОДЕТЕРМИНИЗМА

Подобно маятнику, отношение к этой концепции колеблется между иллюзиями абсолютной независимости человека от природы и полной предопределенности жизни людей ею.

83 **Ушатинская Г. Т.**
БРАХИОПОДЫ С ФОСФАТНОЙ РАКОВИНОЙ

Первично ли строение фосфатной раковины лингулят, отличающее их от всех других древнейших брахиопод? Оказывается, это результат посмертных преобразований, которые осуществлялись благодаря бактериям.

89 **Левинтанус А. Ю.**
ВНОВЬ ПРОЕКТЫ ВЕКА?

В начале 90-х годов появилось новое поколение проектов гигантских гидротехнических сооружений на реках Африки, Азии и Латинской Америки. Их реализация будет иметь огромные последствия для миллионов людей и приведет к радикальному изменению природы на обширных территориях.

93 **Горелик Г. Е.**
«МОЯ АНТИСОВЕТСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ...»
Один год из жизни Л. Д. Ландау

Автору довелось читать следственное дело Л. Д. Ландау в кабинете, где, возможно, оно и заполнялось. И видное в окно здание Внутренней тюрьмы помогало понять то, чего в деле прямо не прочтешь.

105 НОВОСТИ НАУКИ **(61)**

120 КОРОТКО

121 РЕЦЕНЗИИ

123 НОВЫЕ КНИГИ

РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ **(60, 64, 82, 92)**

ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ

125 **Гельман З. Е.**
ЖИЗНЬ Г-НА ЛАВУАЗЬЕ

N 11 [915] NOVEMBER 1991

CONTENTS

3 ADAPTATIONAL MEDICINE
(Interview with F. Z. Meerson)
Empirical observations on the benefits of adaptation are now changed by strict clinical research, which already brings positive results.

9 *Neimark Yu. I.*
SIMPLE MATHEMATICAL MODELS
All our modern knowledge rests, mainly, on simple mathematical models—indeed, mathematics is not a heap of formulae, as some might think, it is a language into which nature dresses up its secrets.

19 *Shevelev A. S.*
CLASSIFICATION PROBLEMS OF THE IMMUNE SYSTEM
The author believes that the factual mass gathered within the recent years demands to revise the immune system's classification.

25 *Musinov V. I.*
NUCLEAR EXPLOSIONS HELP EXTRACT OIL AND GAZ
The experiments at the nuclear test sites have so far demonstrated that nuclear explosions of the chosen limited power allow to considerably increase the efficiency of extracting natural hydrocarbons.

GLOBAL PROBLEMS

34 *Mirkin B. M.*
THE AGROSPHERE'S SPIRAL OF HISTORY
Agriculture started man's conflict with nature; it gave birth to the "syndrom of subjugation" that, in its turn, resulted in the "syndrom of destruction". Now when we are developing a sober view on this problems the ideology of destruction changes to the search of cautious cooperation with nature.

44 *Berezkin Yu. E., Kasparov A. K.*
AT THE SOURCES OF A WEST ASIAN CIVILIZATION
A joint Soviet-British expedition of archaeologists, palaeobotanists and soil specialists was the first to study the earliest layers and to reconstruct the neolithic economy, of Jeltuns, who were first to come to the Kopet Dag foothill plains some 8—10 millennia ago.

NEWS FROM THE EXPEDITIONS

50 *Keonjyan V. P., Kudin A. M.*
AN ECOLOGICAL DIAGNOSIS FOR A SEA GULF
A Soviet-Bulgarian group of specialists has investigated, over a short period of time, the ecological situation in the Gulf of Burgas, the worst affected area of the Black Sea. The prognosis made on the results of the expedition served a starting point for the practicable nature-protection measures.

58 LETTERS TO THE EDITOR

65 *Bagotsky S. V.*
CILIATA—WHAT ARE THEY?
It is still unclear whether the ciliata (or infusoria) developed from multicore unicellular or multicellular creatures that lost the internal cellular boundaries. This way or that the infusoria are fascinating creatures.

70 *Krymsky S. B.*
CULTURAL ARCHETYRES, OR KNOWLEDGE BEFORE KNOWLEDGE
The most amazing scientific ideas mostly were anticipated in the history of culture by sudden revelations or fantastic forecasts. The more fundamental the idea the greater the number of protoimages.

76 *Voiloshnikov M. V.*
THE CHANGING FORTUNES OF THE GEODETERMINIST IDEA
The attitude to this idea pendulates between its absolute recognition and absolute rejection.

83 *Ushatinskaya G. T.*
THE BRACHIOPODA WITH PHOSPHATE SHELLS
Does the phosphate shell of the lingulyat that distinguishes it from all other earliest Brachiopoda belong to it originally? It turned out that it was a result of post-humous transformations effected by bacteria.

89 *Levintanus A. Yu.*
ONCE MORE THE "PROJECTS OF THE CENTURY"?
Early in the nineties there appeared a new generation of projects of hydrotechnical constructions to be erected in Africa, Asia and Latin America. They will spell dramatic changes for the millions of people and will radically change the environment over vast territories.

93 *Gorelik G. E.*
"MY ANTI-SOVIET ACTIVITY..."
A year in Lev Landau's life
The author had a chance to read Landau's file in the office where it most probably had been compiled. A look through the window onto the Internal Prison helped realise what one could not find in the file.

105 SCIENCE NEWS (61)

120 NEWS IN BRIEF

121 BOOK REVIEWS

123 NEW BOOKS

ADVERTISEMENTS, ANNOUNCEMENTS (60, 64, 82, 92)

MEETING THE FORGOTTEN PAST

125 *Gel'man Z. E.*
THE LIFE OF MONSIER LAVOISIER

Адаптационная медицина

С 27 по 29 сентября 1990 г. во Фрайбурге (Германия) состоялся симпозиум по адаптации организма к факторам внешней среды с участием ученых Финляндии, Франции, Германии, Испании, Японии, СССР, США и ряда других стран. На этом форуме было создано Международное общество адаптационной медицины во главе с известным исследователем адаптации, лауреатом Государственной премии СССР, заслуженным деятелем науки РСФСР, заведующим лабораторией патофизиологии сердца Научно-исследовательского института общей патологии и патологической физиологии АМН СССР, профессором Феликсом Залмановичем Меерсоном.

Наш корреспондент О. О. Астахова побеседовала с президентом нового общества, пытаясь прояснить некоторые вопросы.

— Создание нового Международного общества говорит о том, что появилось еще одно научное направление — адаптационная медицина. Что такое адаптация — понятно всем, но как это общеизвестное свойство живых организмов связано с медициной? Что такое адаптационная медицина?

— Это наука, изучающая фундаментальные механизмы адаптации организма к внешней среде или к повреждениям самого организма. На этой основе разрабатываются адаптационные методы профилактики и лечения болезней.

В переводе «адаптация» — приспособление организма, т. е. тренировка, обучение, привыкание и т. д. Действительно, нетренированный человек, пробежав небольшое расстояние, задыхается и останавливается в изнеможении. Тренированный, т. е. адаптированный к возрастающим нагрузкам, может пробежать 40 и более километров и при этом чувствовать себя вполне удовлетворительно. У человека, впервые попавшего в горы и не адаптированного к недостатку кислорода, на высоте 7 тыс. м., как правило, наступают значительные нарушения мышления и поведения вплоть до потери сознания. А привычный к высоте может играть там в шахматы. Выкуренная сигарета у человека, до этого не имевшего дело с никотином,

резко повышает содержание этого яда в крови, а у закоренелого курильщика его содержание возрастает незначительно, так как никотин разрушается специальными ферментами печени. Наконец, столкнувшись с микробом или вирусом (возбудителем инфекционного заболевания), большинство из прежде не встречавшихся с ними заболеет. А люди, иммунизированные (естественно или искусственно), защищенные иммунитетом, могут и не заметить этой встречи. Таким образом, индивидуальная адаптация определяет устойчивость организма к неблагоприятным факторам среды.

И. П. Павлов, изучавший высшие приспособительные реакции, обусловливающие поведение, писал, что приспособление пронизывает всю жизнь человека, оно может быть достойным или недостойным, но это —

приспособление. Понятно, что в этом случае речь идет о социальной адаптации. По существу, известные книги Д. Карнеги — это своеобразный свод советов по адаптации в определенных условиях. Так что адаптация — явление широкое, достаточно известное и используемое уже тысячи лет.

Скажем, йоги, задерживая дыхание, адаптировались к недостатку кислорода; еще 2 тыс. лет назад римский полководец Марий разработал эффективнейшие приемы подавления страха у воинов, т. е. адаптацию к стрессу. Наконец, более 200 лет назад, когда иммунологии еще не существовало, Э. Дженнер открыл способ предупреждения оспы путем прививки, т. е. эффективную адаптацию к одному из опаснейших вирусов.

Однако представления об адаптивных свойствах организма развивались неравномерно. Адаптации к микробам и вирусам повезло больше всего — за последние десятилетия иммунология превратилась в одну из наиболее развитых биологических дисциплин, переживающую сегодня свой расцвет. Адаптация к стрессовым ситуациям, холоду, теплу, недостатку кислорода (гипоксии), физическим нагрузкам, химическим загрязнителям среды тоже была предметом пристального внимания исследователей. Но представлениям о механизме устойчивой, долговременной адаптации к этим факторам еще далеко до точности и практической эффективности, свойственной современной иммунологии. Именно фундаментальные механизмы адаптации и использование их для лечения и профилактики болезней составляют предмет адаптационной медицины.

— Как вы сказали, адаптация использовалась человеком еще с незапамятных времен, однако адаптационная медицина как наука оформилась только сейчас. Почему?

— На это есть несколько причин. Первая связана с тем, что открыты, а в некоторых случаях и глубоко изучены так называемые перекрестные защитные эффекты адаптации. Сущность их в том, что адаптация к одному фактору (например, недостатку кислорода или повторяющимся стрессовым ситуациям, дозированным физическим нагрузкам) повышает устойчивость организма не только к этим воздействиям, но и к другим факторам. Так, в нашей лаборатории показано, что постепенная адаптация к недостатку кислорода в барокамерах защищает организм не только от самого недостатка кислорода, но и от стрессорных повреждений сердца, легких, печени, значительно уменьшает размеры инфаркта и сердечные аритмии при закупорке коронарной артерии, прекращает или ограничивает судороги и тормозит развитие наследственной гипертонии у животных, близкой к гипертонической болезни человека. Как выяснилось, адаптация к повторным умеренным стрессам также повышает устойчивость организма не только к тяжелым стрессовым ситуациям, но и к холоду, химическим ожогам слизистой желудка, инфаркту миокарда и сердечным аритмиям и даже к ионизирующей радиации. Возникло естественное желание использовать эти эффекты для лечения и профилактики не излечимых пока заболеваний.

Вторая причина состоит в том, что, несмотря на громадные успехи, лекарственное лечение так называемых эндогенных, или неинфекционных, болезней (язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, ишемическая болезнь сердца и мозга, злокачественные опухоли, нервные и психические, аллергические заболевания) во многих случаях неэффективно. Такие болезни составляют одну из главных проблем современной медицины. Зачастую перекрестные защитные эффекты адаптации, мобилизующие собственные силы организма, дают обоснованную надежду на то, что адаптационная терапия может дать положительный результат там, где бессильны достижения современной фармакологии.

Третья причина обусловлена достижениями молекулярной биологии. Еще 20 лет назад в нашей лаборатории было показано, что в основе адаптации к тому или иному фактору (от тренированности к физическим упражнениям до образования новых сложных навыков во время обучения) лежит активация синтеза нуклеиновых кислот и белков, а также рост структур в клетках тех систем, на которые падает главная нагрузка при действии этого фактора. Такое представление подтвердилось многими независимыми исследованиями. Более того, оказалось, что при адаптации усиливается синтез не всех белков, а только тех, которые расширяют рабочие возможности клеток и органов. Например, при тренировке к физическим нагрузкам растут нервные клетки двигательных центров и сами мышцы; причем в мышцах прежде всего увеличивается количество митохондрий. При адаптации к гипоксии избирательно растут коронарные сосуды сердца, сосуды мозга, увеличиваются легкие и, что было совершенно неожиданно, активируются так называемые стресс-лимитирующие системы — накапливаются морфиноподобные опиоидные пептиды, тормозящие развитие стресса, а также простагландины, ограничи-

Барокамера «Урал-1», установленная в Оренбурге в 1989 г.

Фото Ф. З. Меерсона

вающие повреждение клеточных мембран. При адаптации к стрессу также активируются стресс-лимитирующие системы и, кроме того, гены, ответственные за синтез специальных стресс-белков, устраняющих повреждения в тканях и повышающих устойчивость клеток к широкому спектру повреждающих факторов — от острой ишемии до перегрева и чрезмерных доз адреналина. В результате ткани сердца, печени и других органов приобретают устойчивость к негативным воздействиям.

И, наконец, последняя причина вызвана тем, что на смену эмпирическим наблюдениям о терапевтической пользе адаптации пришли достаточно строгие клинические исследования. Они подтвердили, что рационально дозированная и используемая по строгим показаниям адаптация успешно лечит различные заболевания.

— Каковы методы адаптационной медицины и какие болезни удается лечить сегодня?

— Повторю — естественные природные факторы для лечения ряда болезней применяются человечеством многие века, также как и в лекарственной терапии используются коренья, отвары, листья и плоды многих растений. В дальнейшем наука о лекарствах — фармакология — перешла к выделению в химически чистом виде действующих веществ из этих растительных материалов, синтезу таких веществ на основе современных технологий, созданию разнообразных их комбинаций. В адаптационной медицине этот этап серьезно запоздал. Только в последние годы началась дозированная адаптация к определенным физическим факторам, как бы выделенным из внешней среды, а в эксперименте появились методы комбинированной адаптации одновременно к нескольким факторам.

Наиболее значимый результат при использовании долговременной адаптации к определенному четко дозированному физическому фактору получен в совместных

исследованиях нашей лаборатории и Оренбургского медицинского института при адаптации больных людей к периодической гипоксии в барокамере «Урал-1». Эта работа оказалась возможной благодаря энтузиазму и усилиям моих коллег: В. П. Твердохлиба, В. И. Корнева, М. Г. Пшенниковой, Б. А. Фролова, Е. Е. Устиновой и многих других. В адаптационной камере люди находятся 4—5 часов, остальное время — в обычных условиях. Выяснилось, что адаптация к периодической гипоксии помогает при лечении нервных и психических заболеваний (например, тяжелая фобическая депрессивная форма неврастении, сопровождающаяся чувством страха, депрессией, а также параноидная — бредовая форма шизофрении в начальной ее стадии). Эффективна она и при лечении аллергических заболеваний (бронхиальная астма, экзема, нейродермит и т. д.). Кроме того, адаптация к периодической гипоксии уменьшает факторы риска ишемической болезни и снижает артериальное давление в начальной стадии гипертонии.

Этот метод уже прошел клинические испытания (около 3 тыс. больных), и Минздрав РСФСР утвердил «Методические рекомендации по применению метода адаптации к периодической гипоксии в терапии и профилактике».

— В сущности, речь идет об адаптации только к одному фактору — недостатку кислорода. Но этот, казалось бы простой, метод позволяет вам бороться с самыми разными заболеваниями. Насколько эффективно такое лечение, и можно ли его назвать универсальным!

— Метод, который мы применяем, не панацея — в разных случаях результаты различны. Например, при детской бронхиальной астме, лечением которой занимается М. Н. Воляник в Оренбурге, многим детям удается отменить гормоны, а также другие лекарства. Однако у некоторых детей примерно через полгода возникают рецидивы. Тогда проводится повторный курс, который длится уже не 30—35 дней, как первый, а всего 12—15.

При неврастении эффект оказывается довольно стойким. Обычно мы применяем адаптацию в течение 30 дней. При этом степень гипоксии в камере наращивается постепенно, незаметно для пациента. После выхода на «плато» (это соответствует давлению на высоте 3,5 тыс. м над ур. м.) лечение продолжалось 17—20 дней, а сейчас проводятся исследования по продлению этого срока до 30 дней.

— Коль скоро вы сравнили адаптационную медицину с фармакологией, невольно напрашивается вопрос: как обстоит дело с дозировкой, которая очень важна в фармакологии!

— Доза в адаптации еще важнее, чем при медикаментозном лечении. При чрезмерных дозах адаптация может превратиться в болезнь. При круглосуточной адаптации на высоте 7 тыс. м чехословацкий исследователь Поупа наблюдал превращение мышцы правого желудочка сердца животных в рубец из соединительной ткани. У людей, длительно живущих на больших высотах, нередко развивается тяжелая болезнь — гипертония малого круга кровообращения. У спортсменов-тяжелоатлетов на пике тренированности может снижаться устойчивость к простудным и другим заболеваниям. В нашей лаборатории много лет изучалась передозировка адаптирующих факторов. Это позволило сформулировать важное понятие «структурная цена адаптации», позволяющее подчеркнуть, что индивидуальная устойчивость человека или животных к факторам внешней среды в большой мере зависит от его наследственности. В идеале генетические особенности в значительной степени определяют индивидуальную устойчивость к факторам среды — возможность или невозможность адаптации к ним. В практической адаптологии следует постепенно увеличивать интенсивность адаптационного воздействия, пользоваться умеренными дозами в условиях полноценного питания и витаминного баланса. Необходим, наконец, постоянный контроль за состоянием организма в ходе адаптации.

— Сейчас в стране сложная экономическая ситуация. Как вы представляете себе в этих условиях реальное осуществление ваших замыслов по клинической адаптации, организации этой работы, требующей больших материальных затрат!

— Конечно, положение непростое, но лечить больных все равно нужно. Поэтому ученые-клиницисты и некоторые руководители крупных промышленных предприятий обоснованно поставили вопрос о создании Общественного фонда адаптационной медицины, что может существенно помочь делу. Впрочем, самый трудный этап этой работы пройден: в Оренбурге уже работает первая адаптационная барокамера. В этом большая заслуга профессоров В. П. Твердохлиба, Б. А. Фролова, В. М. Боева, главного врача медсанчасти «Оренбурггазпрома» В. И. Корнева.

Сегодня руководители здравоохранения, клиницисты, несмотря на все трудности, серьезно относятся к адаптационной медицине. В пяти городах завершается сооружение аналогичных адаптационных установок. Создан Центр теоретической и клинической адаптологии, в задачи которого входит адаптация не только к гипоксии, но и к ряду одновременно действующих факторов. Подобные исследования проводятся сегодня и в других лабораториях и клиниках.

— Из рассказа видно, что в вашей лаборатории уже давно изучают механизмы адаптации. А когда вы впервые заинтересовались адаптацией?

— Этот вопрос доставляет мне большое удовольствие, так как эти работы начались в молодости — 40 лет назад. Правда, я не уверен, что лирическая тема соответствует задачам интервью. В прекрасных, живописных местах в Крыму я, как кардиолог, изучал приспособление сердца к большой нагрузке, совсем не зная, что занимаюсь адаптацией. Методика моих экспериментов была довольно примитивна: я веревочкой сужал у кроликов аорту, уменьшая ее поперечное сечение в восемь раз. Потом с громадными предосторожностями, чтобы сохранить жизнь животного, зашивал рану и записывал электрокардиограмму, затем взвешивал сердце через разные сроки после сужения аорты. Тогда еще меня поразило одно явление — животные сразу после сужения аорты пребывали в тяжелейшем состоянии: в их брюшной и грудной полости накапливалась жидкость, появлялась сильная одышка, они были на грани смерти. Однако через пять-шесть дней это состояние проходило, и кролики жили потом много месяцев. Вскрытие подопытных животных через 10 дней после такого вмешательства, показало, что масса левого желудочка сердца увеличивается на 80 %, а иногда и в два раза. Объясняется это тем, что огромная нагрузка на сердце, возникающая после сужения аорты, была сначала непосильной; но срабатывал компенсаторный механизм — и сердце, увеличив свою массу почти вдвое, начинало справляться с работой. И тут я впервые понял, что процесс роста, т. е. быстрое увеличение синтеза нуклеиновых кислот и белков, по существу, спасший жизнь моим подопечным, стал основой адаптации сердца к большой нагрузке. Мои первые пять книг написаны об адаптации сердца. В них рассказывается о стадиях этой адаптации, о том, как управлять этим процессом.

Кардиологи и клиницисты с интересом отнеслись к этим результатам. Крупные советские клиницисты объяснили мне, что занимаюсь я вовсе не сужением аорты, а компенсаторной, или адаптационной, гиперфункцией сердца, которая всегда возникает при пороках, гипертонии, инфарктах, когда вдвое или втрое больше работает уцелевшая часть сердца. По сути, это одна из главных проблем кардиологии. Эта работа сразу привлекла внимание и зарубежных исследователей: известный американский кардиолог П. Уайт предложил напечатать мою книгу в США в приложении к главному кардиологическому журналу «Circulation». Потом мои книги вышли и на других языках. Однако к тому времени я уже интересовался компенсаторной гиперфункцией сердца гораздо меньше, ибо понял, что вся адаптация (от адаптации к физическим нагрузкам до выработки условных рефлексов) основана на синтезе нуклеиновых кислот и белков в клетках органов. Вот это скромное откровение двигало мной многие годы. Позже стало очевидно, что это тоже не конец и даже не середина, а только начало пути. Дальше пришли другие мысли, например идея о том, что для адаптации к стрессу нужны специальные стресс-лимитирующие системы. А совсем недавно вместе с И. Ю. Малышевым мы обнаружили удивительную вещь, которую сейчас изучаем. Оказывается, когда животное адаптируется к стрессу, защитные изменения развертываются не только на уровне высших регуляторных механизмов мозга, но и во всех органах и клетках. Если у адаптированных животных извлечь орган (например, сердце), искусственно поддерживая его работу, то повредить его, скажем недостатком кислорода, токсическими дозами адреналина, высокой температурой, необычайно трудно. Клетки как бы приобретают своеобразный иммунитет к повреждающим факторам. Мы доказали, что причина этого в синтезе специальных стресс-белков. Таким образом, открыто новое явление — адаптационная стабилизация структур. В дальнейшем мы научились воспроизводить его без какого-либо тяжелого стресса с помощью специальных физиотерапевтических процедур и со временем использовать для лечения людей.

Я думаю, мой путь — это обычный путь человека, который начинает с изучения частного явления, выходит на более широкую теоретическую проблему и от нее рано или поздно переходит к практике.

— Уже не одно десятилетие вы занимаетесь вопросами адаптации. Наверное, этим и вызвано ваше избрание президен-

том нового общества! И в чем вы видите свою основную задачу!

— Видимо, это связано не только с моими работами. Оказалось, что корни адаптационной медицины уходят в отечественную физиологию. Наши замечательные предшественники И. П. Павлов и А. А. Ухтомский чрезвычайно много сделали для развития теории адаптации применительно к деятельности мозга. Большой вклад внесли и такие выдающиеся ученые, как Н. Н. Сиротинин, З. И. Барбашова, О. Г. Газенко, которые занимались высокогорной адаптацией и обосновали принцип ступенчатого подъема, Эти исследования продолжаются и сегодня, например, в Институте кардиологии АН Кыргызстана. Занимается адаптацией и наша лаборатория. Последние 30 лет мы изучаем формирование материальной основы адаптации за счет синтеза нуклеиновых кислот и белков, а также упоминавшиеся перекрестные защитные эффекты. Это позволило обосновать новое представление о механизме долговременной устойчивой адаптации, которое опубликовано в серии монографий, вышедших в СССР, США, Германии, Японии. В нашем институте сооружена большая барокамера для лечебной адаптации к гипоксии, действительно позволившая лечить некоторые ранее неизлечимые болезни.

Свою основную задачу я вижу в консолидации усилий теоретиков, клиницистов и инженеров при обсуждении и реализации перспектив адаптационной медицины.

— Какие работы, представленные на симпозиуме, вы, как президент, хотели бы отметить!

— Интерес вызвал доклад профессора Л. Д. Лукьяновой, впервые продемонстрировавшей молекулярные биоэнергетические механизмы индивидуальной устойчивости организма к недостатку кислорода. Она избрана членом Совета директоров общества. Интересные доклады сделали П. Хуттонен (Финляндия), раскрывшая фундаментальные механизмы адаптации к холоду, К. Пандольф и Э. Янг (США), представившие данные об адаптации к физическим нагрузкам, стрессу. Не меньший интерес представляли и доклады профессоров Х. Хайса (Германия), Дж. Моравека (Франция), А. Куросимы (Япония) и других ученых.

— Каковы на ваш взгляд, ближайшие перспективы адаптационной медицины!

— Мне кажется, главное значение имеют три направления. Во-первых, изучение генетических механизмов долговременной адаптации, т. е. экспрессию генов, определяющих рост структур и образование веществ, которые обеспечивают адаптацию. Во-вторых, разработка новых адаптационных установок и технологий, которые обеспечат раздельную и комбинированную адаптацию не только к гипоксии, но и к холоду, теплу, стрессорным воздействиям и т. д. Иными словами, со временем мы будем иметь дело не просто с камерами горного климата, но с установками «сон в горах», «горное озеро» и т. д. Предстоит замена гипобарических барокамер гипоксическими камерами, где часть кислорода будет просто удаляться из атмосферного воздуха. Именно такие камеры рекомендовал к применению еще 20 лет назад ученый совет Минздрава СССР. В-третьих, новые установки несомненно расширят список болезней, которые станут объектом адаптационной терапии. Помимо упомянутых психических и аллергических заболеваний, болезней сердца это прежде всего аутоиммунные заболевания, например миастения и диабет. Поскольку при адаптации активизируется окисление холестерина в печени, а также выделение воды и солей из организма, возможно, она станет использоваться для профилактики атеросклероза и гипертонии. Экспериментальные данные свидетельствуют, что в повестке дня стоит вопрос о лечении наркоманий, алкоголизма, реабилитации после тяжелых травм и катастроф, широком использовании адаптации для защиты людей, в силу профессиональной специфики особо подверженных стрессам, т. е. для лечения и профилактики стрессорных заболеваний, составляющих одну из главных нерешенных проблем современной медицины.

При развитии всех этих направлений важно иметь в виду, что адаптационная медицина не конкурирует с лекарственной терапией, а дополняет ее. Более того, лекарства используются и будут еще шире использоваться в роли факторов, провоцирующих адаптационные реакции по известному принципу В. Шекспира «мы горечь пьем, чтоб избежать отравы». Они будут находить все более широкое применение для управления адаптационными реакциями, вызываемыми факторами среды. Думается, именно рациональное, физиологически обоснованное сочетание адаптационных и лекарственных методов терапии составляет наиболее перспективное направление развития современной медицины.

Простые математические модели

Ю. И. Неймарк

Юрий Исаакович Неймарк, доктор технических наук, профессор кафедры теории упругости и динамики машин Нижегородского государственного университета, лауреат премии им. А. А. Андронова АН СССР. Научные интересы — в области теории управления, теории колебаний и механике.

В родстве со всем, что есть, уверясь
И знаясь с будущим в быту,
Нельзя не впасть к концу, как в ересь,
В неслыханную простоту.
Но мы пощажены не будем,
Когда ее не утаим,
Она всего нужнее людям,
Но сложное понятней им.

Б. Пастернак

СЕЙЧАС непросто встретить человека, который не слышал бы о математическом моделировании и вычислительных машинах, их роли в создании самолетов, ракет, ядерных реакторов, гидротурбин, плотин, запуске спутников. Многие слышали о Римском клубе и моделировании будущего экономического развития общества, о математическом моделировании ядерной войны, эволюции Вселенной. При этом естественно возникают образы сложных математических формул, еще более сложных электронных вычислительных машин и погруженных в эту непостижимость ученых. Но мало кому приходит в голову, что не эти математические монстры составляют основу нашего миропонимания, что в основе наших современных знаний лежат прежде всего простые модели, что именно они, благодаря своей простоте, позволяют понять сложности окружающего нас мира, что математика — это не нагромождение формул и теорем, а лаконичный язык, на котором природа открывает нам свои тайны.

Вся механика Галилея — Ньютона — это всего-то простое дифференциальное уравнение

$$m\frac{d^2x}{dt^2}=F,$$

электродинамика Фарадея — Максвелла — несколько уравнений в частных производных

$$\frac{dD}{dt}=-4\pi j+c\,\mathrm{rot}\,H,\quad \frac{dB}{dt}=-4\,c\,\mathrm{rot}\,E,$$

а дифференциальное уравнение Шредингера

$$i\frac{\partial\psi}{\partial t}=H_{\psi}$$

— основа квантовой механики.

Наряду с этими немногими великими уравнениями и математическими моделями существуют скромные модели, роль которых тем не менее тоже весьма значительна. Одна из таких замечательных моделей — осциллятор. Качания маятника в виде люстры в соборе святого Павла наблюдал Галилей. Сверяя ее качания со своим пульсом, он установил основной их закон — независимость частоты качаний от их размаха. Наличие у маятника собственной частоты, открытое Галилеем, использовал Х. Гюйгенс, создав великолепные маятниковые часы. За механическим маятником последовал электрический маятник — томсоновский колебательный контур, состоящий из самоиндукции и емкости. Он лег в основу радиопередатчика и радиоприемника, так же как маятник — в основу часов. От маятника и электрического колебательного контура наука пришла к общему представлению об осцилляторе как колебательной системе, описываемой простым дифференциальным уравнением, и стала видеть в нем общую для многочисленных конкретных случаев математическую модель. Этот последний шаг сделал Рейли в знаменитом трактате «Теория звука», ставшим фундаментом науки о колебаниях, которая легла в основу радиотехники, радиофизики, прикладной и теоретической механики.

Маятник может совершать не только свободные колебания со своей собственной частотой, его можно заставить колебаться под влиянием внешнего воздействия. Если это влияние периодическое, оно может навязать осциллятору свою частоту. Наличие у маятника собственной частоты проявляется в широко известном явлении резонанса. Маятник как бы не хочет колебаться с чужой частотой и охотно колеблется со своей собственной частотой и близкой к ней. В силу этого малое воздействие резонансной частоты может привести к сильным, даже разрушительным колебаниям, а на далекое от собственной частоты даже много более сильное воздействие он может реагировать слабо. Наверняка все слышали историю о роте солдат с незадачливым командиром, браво шагающей в ногу на мосту, который разрушился благодаря возникшему резонансу.

Помимо резонанса у вынужденных колебаний есть еще одна удивительная особенность: колебания следуют за направлением периодического воздействия частоты, меньшей резонансной, и происходят против него, если частота воздействия больше резонансной. Такое неожиданное поведение осциллятора, как и явление резонанса, легко наблюдаемо — достаточно раскачать с разной частотой удерживаемый рукой конец веревки с подвешенным на ней грузом.

Знаменитый механик и кораблестроитель А. Н. Крылов увидел в описанном поведении осциллятора объяснение очень неприятной и опасной для корабля качки на волне: иногда даже на большой волне он плывет относительно спокойно, а иногда даже меньшей волной корабль так сильно качает, что он зарывается носом в набегающую волну. Корабль на воде — это осциллятор, набегающая волна — внешнее периодическое воздействие. Когда частота набегающих волн близка к резонансной и больше собственной частоты килевой качки корабля, он сильно качается и не взбегает, а зарывается носом в волну. Восхитившись простотой этого объяснения, А. Н. Крылов указал, как должен капитан вести корабль, чтобы избежать неприятной качки. (Многочисленные подобные прозрения получили наименование колебательной взаимопомощи.)

В поведении осциллятора находят объяснение многие разнообразные явления, а его свойства получают все новые технические приложения. Осциллятор — всюду, где речь идет о вибрациях, звуке, механических колебаниях машин, движущегося транспорта, строительных сооружений, и даже в объяснении преломления света и трудностей долгосрочного прогноза погоды.

Будем считать, что вводное заслуженное похвальное слово простой математической модели сказано. Отметим только, что дорога к простой модели очень сложна — она не начало, а венец трудного пути (как тут не вспомнить строки стихов Пастернака из сборника «Второе рождение», приведенные в эпиграфе!).

За этим введением следует рассказ о двух простых математических моделях: модели растворимого загрязнения водоема с заливом и модели человеческого сообщества производителей и управленцев. Обе эти модели записываются в форме дифференциальных уравнений. Конечно, самое интересное в модели — это выводы, которые можно из нее сделать. Но при этом очень важно, что же лежит в основаниях модели, насколько бесспорны ее исходные положения. Нельзя отрицать: что заложено в модель, то и получится. Роль модели состоит в том, чтобы из очевидных или обоснованных исходных данных прийти к интересным,

нетривиальным и неочевидным выводам. Из этого следует, что полноценный рассказ о новой математической модели должен состоять не только в выводах, следующих из модели, но и в обосновании самой модели. Это соображение может служить некоторым основанием тому, что, вопреки привычной читателям журнала «Природа» форме изложения, ниже приводятся и обсуждаются дифференциальные уравнения математических моделей, которые определяют скорости изменения величин, эволюцией которых мы интересуемся. При этом исходные посылки состоят в том, как зависят скорости изменения интересующих нас переменных от самих переменных, а выводы — в том, как же эти переменные меняются. Переход от посылки к выводу математики называют решением дифференциального уравнения.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЕМА С ЗАЛИВОМ

Рассмотрим накопление растворимого загрязнения в водоеме. Нужна ли здесь математическая модель, ведь если в водоем стекает загрязненная вода и это загрязнение ни естественно, ни искусственно не уменьшается, то совершенно очевидно, что оно будет нарастать, пока не достигнет насыщения, после чего будет образовывать осадок. Так засоляются моря и океаны. Вопрос только в том, сколько на это требуется времени, как быстро это происходит. Сосчитать это нетрудно.

Пусть Q — объем втекающей за единицу времени загрязненной воды с концентрацией ν загрязняющего вещества, а V — общий объем воды в водоеме. Тогда за время t в водоем поступит νQt вещества, которое распределится по объему V с концентрацией $\nu Qt/V$, т. е. чем больше водоем и чем меньше концентрация ν, тем медленнее загрязнение. Вот и все. Но не будем спешить. Пусть водоем имеет залив, как показано на рис. 1. На первый взгляд, ничего не изменится. Это, однако, не так. Попробуем более точно разобраться в процессе загрязнения, построив его математическую модель.

Возможно вы уже догадались, что приведенный на рис. 1 водоем похож на Каспийское море с заливом Кара-Богаз, а рассматриваемую нами проблему загрязнения можно трактовать как засоление Каспийского моря. Известно, что соленость Каспийского моря невелика и дальнейшее его засоление нежелательно.

Реки втекают в море и загрязняют его со скоростью νQ. Это загрязнение распределяется по морю и из него проникает в залив.

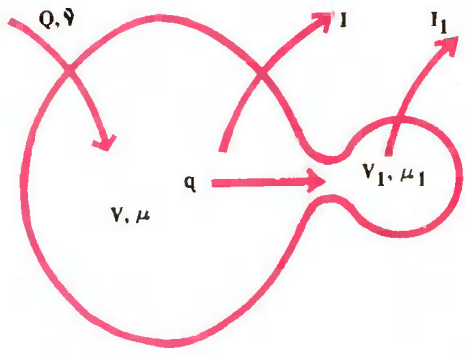


Рис. 1. Схема водоема с заливом: Q — объемная скорость притекающей в водоем воды, ν — концентрация ее загрязненности, q — объемная скорость перетока воды из водоема в залив, V, μ и V_1, μ_1 — соответственно объемы воды и количества загрязняющего вещества в водоеме и заливе, I и I_1 — интенсивности испарения из моря и залива.

Переток воды из моря в залив происходит потому, что в заливе вода испаряется. Вода испаряется и в море. Интенсивности этих испарений I и I_1 и приток Q определяют объемы V и V_1 воды в море и заливе согласно дифференциальным уравнениям

$$\frac{dV}{dt} = Q - I - q, \quad \frac{dV_1}{dt} = -I_1 + q,$$

означающим, что скорость изменения объема V равна притоку воды Q за вычетом испарения I и оттока q в залив, а скорость изменения объема V_1 — притоку q за вычетом испарения I_1. Скорость притока Q воды из рек и интенсивность испарений I и I_1 меняются со временем. Пренебрежем этими изменениями, принимая за Q, I и I_1 их средние значения. Тогда и объемы V и V_1 в конечном счете примут некоторые постоянные равновесные значения V^* и V_1^*, находимые из соотношений

$$Q - I - q = 0, \qquad -I_1 + q = 0,$$

означающих неизменность V и V_1 (т. е. равенство нулю производных dV/dt и dV_1/dt в первой паре уравнений). Решить эти уравнения сложно. Не будем этого делать и двинемся дальше.

Пусть V, V_1 и q уже приняли свои равновесные неизвестные нам значения V^*, V_1^* и q^*. Пусть μ и μ_1 — количество загрязняющего вещества в море и заливе, тогда

концентрации его будут соответственно μ/V^* и μ_1/V_1^*. Ясно, что

$$\frac{d\mu}{dt}=\nu Q-q^*\frac{\mu}{V^*},\quad \frac{d\mu_1}{dt}=q^*\frac{\mu}{V^*}.$$

Из второго дифференциального уравнения этой пары следует, что залив загрязняется вплоть до насыщения, после чего начинается образование осадочных залежей. Из первого уравнения, напротив, видно, что спустя некоторое время наступает равновесие, при котором приток загрязнения νQ в море из рек компенсируется его оттоком $q\frac{\mu}{V}$ из моря в залив. Равновесная концентрация загрязнения, находимая из равенства притока и его оттока, есть

$$\frac{\mu^*}{V^*}=\nu Q/q^*.$$

Используя соотношения, выписанные для нахождения равновесных значений V^* и V_1^*, получаем:

$$\frac{\mu^*}{V^*}=\nu\left(1+\frac{1}{l_1}\right).$$

Этот вывод верен, когда равновесная концентрация μ^*/V^* меньше концентрации насыщения, т. е. залив достаточно большой и отношение l/l_1 не слишком велико. Грубо, l/l_1 равно отношению водных поверхностей моря и залива. Таким образом, наличие у водоема залива с узким протоком существенно изменяет условия его растворимого загрязнения, не допуская концентрации загрязнения выше равновесности (рис. 2). Для Кара-Богаза отношение l/l_1 порядка нескольких десятков, и поэтому равновесная концентрация соли в Каспийском море небольшая и далека от насыщения — она примерно в l/l_1 раз превосходит соленость ν втекающих речных вод. В связи с этим малая соленость Каспийского моря может быть вызвана не его геологической молодостью, а наличием залива Кара-Богаз.

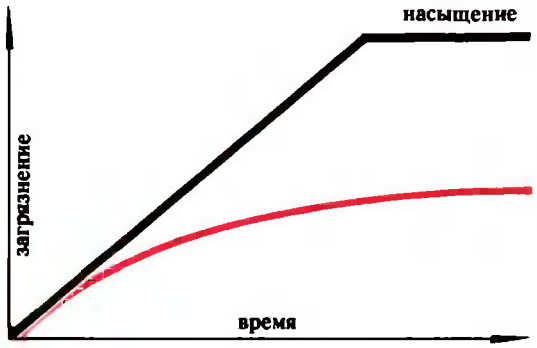


Рис. 2. Графики возрастания загрязненности в водоеме (цветная кривая) и заливе.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СОСУЩЕСТВОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ И УПРАВЛЕНЦЕВ

Ниже рассказывается о простой математической модели сосуществования производителей и управленцев. В сравнении с современными экономическими моделями она проста до примитивности, но все же что-то очень важное, по-видимому, она отражает, и лучше, чем они. Это что-то — глобальная структура сообщества и общие тенденции его развития. Ни для количественных прогнозов, ни, тем более, фактического планирования она заведомо непригодна. Она другого плана, и в ней много общего с известными экологическими моделями сосуществования видов. Потому предварим знакомство с ней кратким рассказом об этих экологических моделях.

Не следует думать, что внимание к экологическим проблемам — прерогатива последних лет. Первые соображения о законе роста народонаселения высказал Т. Мальтус в 1798 г., а современный этап математической экологии индуцирован моделью сосуществования хищника и жертвы Вольтерра — Лотке (1925—1926).

Закон изменения численности x изолированной популяции можно записать в виде

$$\frac{dx}{dt}=P(x)-\Gamma(x),$$

где $P(x)$ характеризует скорость рождения, а $\Gamma(x)$ — смертности или гибели. В простейшем случае $P(x)=ax$ и $\Gamma(x)=bx$, что приводит к экспоненциальному закону Мальтуса изменения численности

$$x=x_0\exp(a-b)t.$$

Не лишена интереса другая модель, в которой скорость воспроизводства определяется частотой возможных встреч особей разного пола, а гибель, как и ранее пропорциональна x. В этом случае $P(x)=ax^2$, $\Gamma(x)=bx$. Из чего следует, что при $x<b/a$ популяция вымирает, а при $x>b/a$, напротив, неограниченно возрастает, подобно взрыву.

Таким образом, уже такие примитивные модели обнаруживают экспоненциаль-

ность роста численности, возможность наличия критической численности b/a и взрывного характера роста численности при $x>b/a$.

Учесть внутреннюю конкуренцию в популяции можно квадратичным членом (Ферхюльст, 1838), приняв $P(x)=ax-cx^2$, $\Gamma(x)=bx$. В этом случае при $a>b$ процесс приводит к равновесной численности $x^*=(a-b)/c$, а при $a<b$ популяция исчезает. Эта модель в дополнение к предыдущим показывает, что внутренняя конкуренция, возникающая с увеличением x, ограничивает рост численности, приближая ее к некоторому равновесному значению. При этом на первоначальном участке, когда $x \ll x^*$, рост численности x практически неотличим от экспоненциального.

Модель Вольтерра — Лотке включает два дифференциальных уравнения:

$$\frac{dx}{dt}=ax-bxy, \quad \frac{dy}{dt}=-cy+dxy,$$

первое из которых определяет изменение численности x жертвы, а второе — численности y хищника. Смысл первых членов ax и $-cy$ в правых частях этих уравнений соответствует простейшим, приведенным выше моделям изолированного существования популяций жертвы и хищника. Вторые члены — bxy и dxy отвечают истреблению хищником жертвы и благодаря этому — его размножению.

Изменение во времени численностей x и y жертвы и хищника можно изобразить графически, если рассматривать x и y как координаты точки $M(x, y)$ на плоскости, а изменения x и y как соответствующее движение этой точки $M(x, y)$. При своем движении точка $M(x, y)$ описывает некоторую кривую. Математическое исследование движений точки $M(x, y)$ и описываемых ими кривых приводит к случаю, проиллюстрированному на рис. 3. Каждой кривой L этого рисунка соответствует эволюция некоторой популяции. Так как кривая L замкнутая, то точка $M(x, y)$ обегает вновь и вновь эту кривую, что означает периодическое изменение численностей x и y жертвы и хищника. Точке O, лежащей внутри замкнутых кривых, соответствуют равновесные, не меняющиеся значения численностей x^* и y^*. Их можно найти из уравнений Вольтерра — Лотке:

$$x^*=c/d \text{ и } y^*=a/b.$$

Таким образом, рассматриваемая модель приводит к тому, что численности жертвы и хищника периодически колеблются, определенным образом согласуя эти колебания

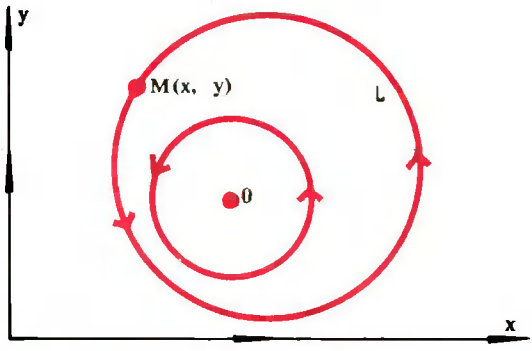


Рис. 3. Кривые изменения численностей x и y жертвы и хищника в модели Вольтерра — Лотке: в точке равновесия O численности x и y не меняются, кривой L отвечает периодическое колебание численностей x и y.

между собой. Фактические наблюдения подтвердили этот вывод.

Модель Вольтерра — Лотке неоднократно уточнялась и обобщалась на большее число сосуществующих видов. Укажем только уточнение, учитывающее конкуренцию жертв и так называемое насыщение хищника. Эта модель (частный случай модели Розенцвейга и Мак-Артура, 1963) имеет вид

$$\dot{x}=ax-bx^2-c\frac{xy}{1+Ax}; \quad y=-dy+e\frac{xy}{1+Ax}.$$

Если модели Вольтерра — Лотке отвечает только один-единственный вид кривых изменения численностей x и y, изображенный на рис. 3, то в этом случае таких рисунков уже три — в зависимости от значений параметров a, b, c, d, e и A (рис. 4). Каждый из этих рисунков соответствует некоторому типу сообщества хищника и жертвы со своими судьбами жертв и хищников. В случае, соответствующем рис. 4, а, жертва избавляется от хищника и достигает равновесной численности, отвечающей точке O. В случаях, изображенных на рис. 4, б, в, избавления от хищника не происходит, и жертва вынуждена с ним сосуществовать, но это сосуществование может быть равновесным, когда численности жертв и хищника постоянны (4, б), или колебательным (4, в), когда жертву заедает хищник, численность жертвы падает, а из-за отсутствия питания уменьшается численность хищника, после чего жертве вольготней, она размножается, увеличивает пропитание хищника, он размножается и, размножившись, снова заедает жертву и т. д.

Теперь мы готовы к рассмотрению математической модели сообщества производителей и управленцев. Конечно, взаимоотношения производителей и управленцев

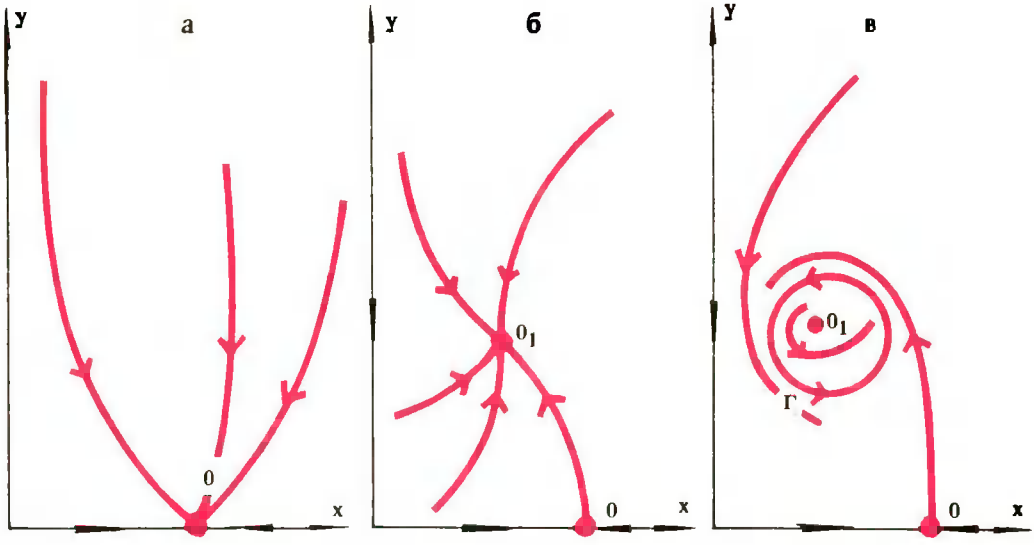


Рис. 4. Возможные виды кривых изменения численностей жертвы и хищника в уточненной модели Вольтерра — Лотке: а — хищник вымирает, и жертва, избавившись от хищника, достигает равновесной численности, отвечающей точке O; б — хищник и жертва сосуществуют, приходя к равновесным численностям в состоянии равновесия O_1; в — численности жертвы и хищника все время меняются, со временем приближаясь к периодическим колебаниям, изображаемым замкнутым предельным циклом (кривой) Г.

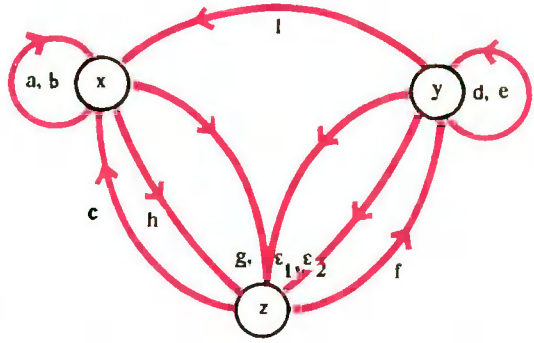


Рис. 5. Структурная схема модели сообщества производителей и управленцев: x, y — численности производителей и управленцев, z — накопленный продукт сообщества; стрелки соответствуют отображаемым моделью влияниям и связям; буквы возле стрелок указывают параметры модели, отражающие их влияние.

существенно отличаются от взаимоотношений хищника и жертвы, однако и производители и управленцы находятся в конкурентных взаимоотношениях, и так же, как хищника питает жертва, так и производители питают управленцев, но производители заинтересованы в управленцах, в силу того что управленцы могут способствовать производству продукта, необходимого для жизни обоих. Итак, есть конкурентные взаимоотношения, есть естественное размножение и есть совместное производство продукта. В этих взаимоотношениях участвуют производители x, управленцы y и производимый ими агрегированный продукт, величину накопления которого обозначим через z. Существенные связи между производителями x, управленцами y и накопленным продуктом z можно изобразить схемой рис. 5. Каждая стрелка этой схемы соответствует наличию того или иного воздействия. Так, стрелка от z к x означает, что изменение x зависит от z, стрелка от x к x — что изменение x зависит от x. Все стрелки, идущие от x, y и z к z, указывают, что изменение накопленного продукта z зависит от x, y и z. Эта схема не раскрывает конкретного характера взаимосвязей, она лишь указывает на их наличие и значимость. Характер и конкретный вид этих влияний предлагается описать следующей математической моделью:

$$\dot{x}=(a-bx-ly+cz)x$$
$$\dot{y}=(-d-ey+fz)y$$

$$\dot{z}=g\frac{1+\varepsilon_1 y}{1+\varepsilon_2 y}\frac{x}{1+\delta z}-hx-ky=F$$

(при $z>0$ или $z=0$ и $F>0$),
и $\dot{z}=0$ (при $z=0$ и $F\leqslant 0$).

Коэффициент пропорциональности $a-bx-ly+cz$ в первом уравнении убывает с x и y и растет с z, что отражает внутреннюю конкуренцию среди производителей x, давление на них управленцев y и способствование производителям накопленного продукта z. Аналогично коэффициент пропорциональности — $d-ey+fz$ убывает с y и растет с z, что отвечает внутренней конкуренции управленцев y и благоприятствованию росту управленцев накопленного продукта z. Разница в знаках перед коэффициентами a и d соответствует возможности самостоятельного существования производителей и невозможности его для управленцев. Третье уравнение отражает производство, накопление и потребление продукта z. Потребляют его производители и управленцы, он амортизируется и портится сам по себе и производится совместными усилиями производителей и управленцев. Характер участия производителей и управленцев в производстве продукта z разный: управленцы способствуют его производству, а производители непосредственно его производят. В соответствии с этим правая часть уравнения для z содержит три слагаемых: первое отвечает скорости производства продукта z, второе и третье — его потреблению производителями и соответственно управленцами.

Потребление продукта производителями и управленцами пропорционально численностям x и y производителей и управленцев. С производством продукта сложнее. Согласно написанному, оно пропорционально числу производителей x, а в коэффициент этой пропорциональности входят множителями технологический уровень сообщества g, коэффициент $(1+\varepsilon_1 y)/(1+\varepsilon_2 y)$ влияния на производство управленцев y и, наконец, множитель $1/(1+\delta z)$, убывающий с ростом z, что призвано учесть амортизацию накопленного продукта и увеличение трудности его накопления, когда продукта уже много. Коэффициент $(1+\varepsilon_1 y)/(1+\varepsilon_2 y)$ влияния на скорость производства управленцев меняется при изменении y от 0 до ∞ в пределах от 1 до $\varepsilon_1/\varepsilon_2$, т. е. с ростом числа управленцев их влияние увеличивается, но ограничено некоторым пределом, в то время как в отношении производителей такого предела нет.

Еще раз подчеркнем: описанная модель того же плана, что и экологические модели, о которых говорилось выше, но вместе с тем и существенно другая, поскольку описывает сообщество, разделенное на производителей и управленцев, которые совместно производят продукт, жизненно необходимый обоим. В создании продукта роли производителей и управленцев разные: производители непосредственно создают продукт, а управленцы в некоторых пределах способствуют эффективности его производства. Понятия продукта, производителей и управленцев агрегированные. Продукт понимается обобщенно. Для первобытного общества это прежде всего продукты питания и, возможно, жилище, для более развитого — еще и орудия охоты, скотоводства и земледелия, включая и сам скот и землю. Для современного общества — это еще и вся совокупность материальных и духовных богатств общества. Возможно, что и трактовка переменных x и y также должна быть более широкой, нежели просто как числа производителей и управленцев. Мотивом такого расширения трактовки может быть то, что конкурентные взаимодействия и степени участия в производстве зависят не только от числа производителей и управленцев, но и от их социальной и производительной активности.

Такая обобщенная и расплывчатая трактовка переменных x, y и z может вызвать чувство неудовлетворенности. Возможно, многое хочется уточнить и дифференцировать. Но вместе с этой уточняющей конкретизацией модель неизбежно потеряет свою простоту и общность. Не будем, однако, слишком требовательны. Приведенная модель весьма упрощенная, и многое, очень многое ею не учитывается. Но согласимся, что что-то основное она все же учитывает, и посмотрим, что из этого следует. Заметим, что и экологические модели, о которых шла речь выше, далеки от того, чтобы давать количественные описания — для этого требуется существенное их усложнение, но вместе с тем качественно они хорошо согласуются с наблюдаемыми явлениями. В плане сказанного еще раз взглянем на рис. 5, где представлена схема взаимосвязей производителей, управленцев и накопленного продукта. Стрелки на этой схеме указывают направления воздействий, а поставленные вблизи них буквы — параметры, их характеризующие. Сопоставьте эти стрелки с членами в дифференциальных уравнениях математической модели сообщества производителей и управленцев. Конечно, эти связи и характеризующие их параметры a, b, ..., h, k меняются, иногда медленно, иногда быстро. Учет этих изменений очень существен. Но мы его предоставим нашему интеллекту. Анализируя же модель, можно выяснить, что происходит при тех или иных значениях параметров и как поведение модели меняется с их изменением.

Изменения в сообществе производителей и управленцев характеризуется изменением переменных x, y и z. Будем их изобра-

жать геометрически, так же как и при рассмотрении модели Вольтерра — Лотке, только теперь пространство переменных x, y, z трехмерно (ранее было две переменных x и y, и пространство двумерно). Это усложняет графическое изображение процесса, но существа дела не меняет. В частности, как и ранее, состояния равновесия будут изображаться точками, периодическое изменение — замкнутой кривой, а любое другое изменение — также некоторой кривой. Соответствующие картинки сегодня могут быть получены на дисплее персональной ЭВМ. Но возможно и старомодное, более трудоемкое, но не лишенное своих преимуществ исследование, с карандашом и бумагой. Фактически использовалось и то, и другое. Обнаружить удалось следующее. Характер сообщества сильно зависит от общего уровня его технологии, характеризуемого параметром g, так что это сообщество разделяется на сообщества с низким уровнем технологии, когда $g<h$, средним уровнем технологии, когда $h<g<h[1+(\delta d/f)]$ и высоким уровнем технологии, когда $g>h[1+(\delta d/f)]$.

Сообществу с низким уровнем технологии отвечает рис. 6. Все кривые на этом рисунке идут к точке O_1, т. е. к равновесию. В таком сообществе спустя некоторое время устанавливается равновесное состояние. Координаты y и z у этого равновесия O_1 равны нулю, т. е. сообщество при низком уровне технологии неизбежно становится сообществом одних производителей, без накопленного продукта (что добыл, то и съел) и без управленцев. Накопленный продукт, если он был, проедается, и управленцы исчезают.

Рис. 7, иллюстрирующий ситуацию с увеличением уровня технологии до средней величины, почти такой же, как и рис. 6, но теперь у состояния равновесия O_2, к которому обязательно приходит любое сообщество, только одна координата y равна нулю, а координаты x и z отличны от нуля. Это означает, что в таком сообществе кроме производителей есть еще и накопленный продукт z. Появление накопленного продукта вызвано тем, что сообщество уже может производить продукта больше, чем сразу непосредственно потребляет, а управленцы в таком сообществе исчезают, они им изживаются. Дальнейшее увеличение g сверх $h[1+(\delta d/f)]$ уже приводит к нескольким разным картинкам кривых изменения x, y и z (рис. 8, 9). Во всех случаях это уже сообщество, в котором есть не только производители, но и накопленный продукт и управленцы. Появление управленцев не связано с возможной их помощью в производстве продукта, а только с возможностью их жизнеобеспечения обществом. Это следует из того, что появление управленцев вызвано только тем, что уровень технологии g повышает величину $h[1+(\delta d/f)]$, не зависящую от параметров ε_1 и ε_2, характеризующих способствование управленцев производству. Заметим, что этот порог не зависит и от того, как интенсивно они непосредственно потребляют продукт, т. е. от параметра k. Но этот порог зависит от уровня h непосредственного потребления продукта производителями и от способствования f накопленного продукта существованию управленцев. Чем меньше h и больше f, тем раньше возникают управленцы. Важны еще параметры d и δ, которые можно трактовать как жизнестойкость управленцев и соответственно умение общества сберегать накопленный продукт и обилие

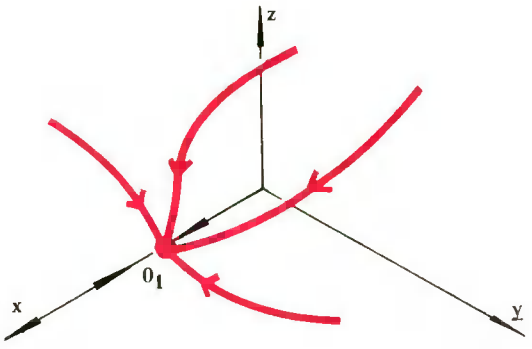


Рис. 6. Сообщество с низким уровнем технологии, состоящее из одних производителей. Кривые на рисунке показывают, как меняются переменные x, y и z со временем. В точке O_1 происходит переход любого сообщества к сообществу из одних производителей.

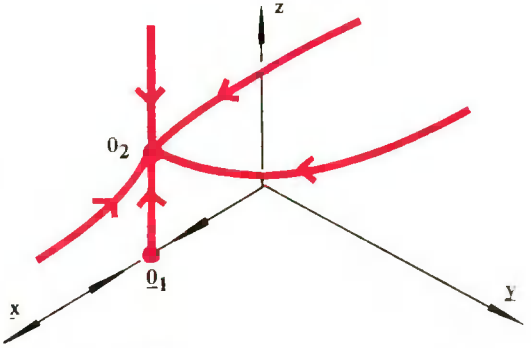


Рис. 7. Сообщество производителей, имеющее накопленный продукт. Все кривые, изображающие изменения переменных x, y и z, идут к равновесию O_2.

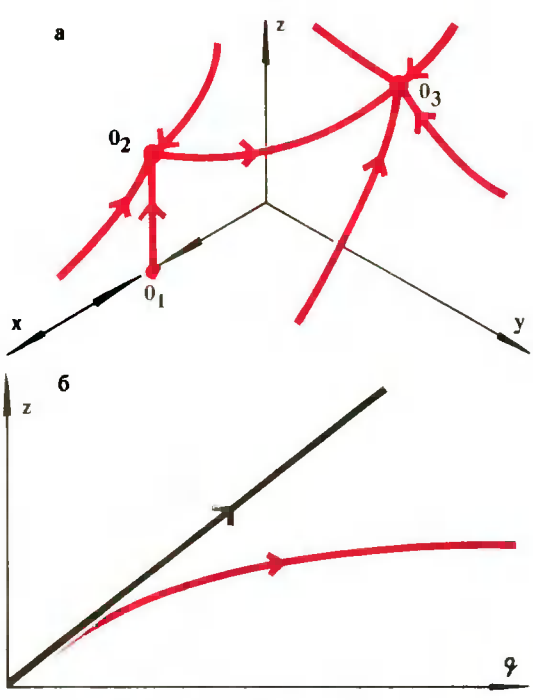


Рис. 8. Стабильное сообщество «производители — продукт — управленцы» (а): переменные x, y, z приходят к равновесным значениям, отвечающим равновесию O_3; равновесия O_1 и O_2, отвечающие сообществам без управленцев, неустойчивы. Графики зависимости накопленного продукта от уровня q технологии сообщества высокого уровня (б): черная кривая соответствует сообществу с ограниченным развитием, цветная — сообществу с неограниченным развитием.

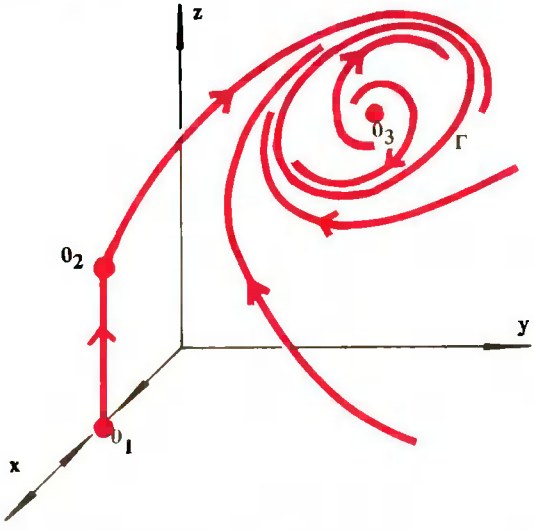


Рис. 9. Фазовый портрет (кривые изменения переменных, x, y, z) нестабильного сообщества «производители — продукт — управленцы».

необходимых для добывания продукта природных ресурсов.

Появляющиеся с увеличением уровня технологии q сообщества с высоким уровнем технологии могут иметь существенные различия в зависимости от других параметров. Прежде всего они делятся на стабильные и нестабильные. В стабильных сообществах (рис. 8) происходит приход к некоторому равновесному сообществу (точка O_3 на рис. 8, а), в котором есть производители, управленцы и накопленный продукт. Соответствующие величины x^*, y^* и z^* в равновесном сообществе все отличны от нуля и зависят от всех параметров модели. Особый интерес представляет их зависимость от уровня технологии q, и тут обнаруживаются два разных варианта этой зависимости (рис. 8, б). Первый, когда с ростом q неограниченно растут x^*, y^* и z^*. Это можно трактовать как развитие и расширение сообщества, как неограниченность его развития (конечно, в рамках принятой модели). И второй, когда с увеличением q рост x^*, y^* и z^* носит ограниченный характер. Сколько бы ни рос параметр q, накопленный продукт z^*, как и x^* и y^*, остаются меньше некоторых величин. Этот случай можно трактовать как сообщество с ограниченным развитием или даже как тупиковое сообщество.

Различие этих стабильных сообществ связано с величиной ce—lf. При ce—lf$>$0 имеет место первый случай, при ce—lf$<$0 — второй. Величина ce—lf не включает ни параметров производства, ни параметров непосредственного потребления. Она зависит только от конкурентных давлений e и l и уровней c и f использования накопленного продукта производителями и управленцами. Условие ce—lf$>$0 сообщества неограниченно развивающегося типа можно записать в виде c/f$>$l/e, из чего следует, что возможность развития требует, чтобы отношение параметров c и f способствования накопленного продукта производителям и соответственно управленцам превышало отношение параметра давления управленцев на производителей к параметру внутреннего давления управленцев друг на друга.

Нестабильность сообщества вызывается потерей устойчивости равновесным состоянием (на рис. 9 точка O_3) и возникающим вследствие этого колебательным изменением переменных x, y и z (рис. 9, кривая Г). При этом количество накопленного продукта z то увеличивается, то уменьшается. Так же меняются и величины x и y.

Все сказанное о модели изображено на рис. 10. На нем χ — величина, от которой зависит стабильность сообщества. С обраще-

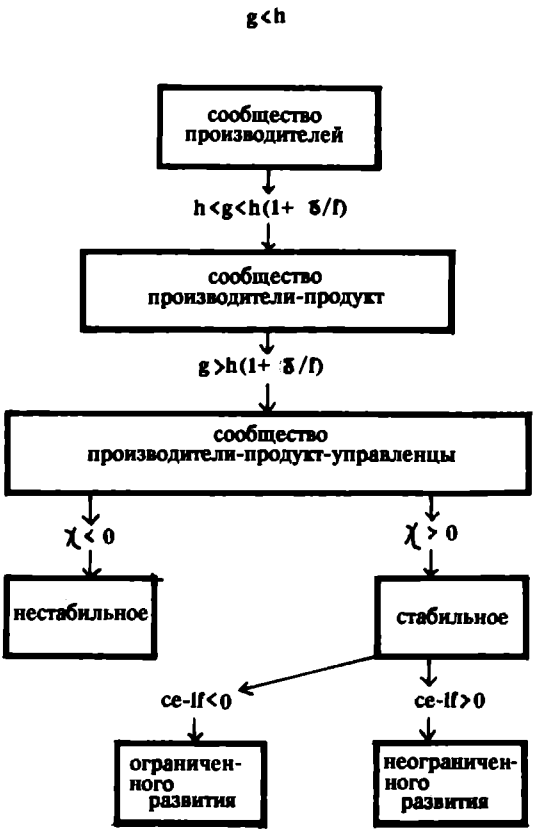


Рис. 10. Общая схема возможных типов сообществ в зависимости от уровня технологии g и других параметров модели.

нием χ в нуль и переходом от положительных значений к отрицательным происходит переход от стабильного сообщества к нестабильному. Выражение величины χ через параметры модели достаточно сложное и поэтому не приводится и не обсуждается. Отметим только, что в крайнем частном случае $\varepsilon_1=\varepsilon_2$ и $e=\delta=0$ имеет место нестабильность.

Описанная модель очень проста, но в ней учитываются конкурентные взаимоотношения и совместный характер производства продукта. Как это ни удивительно, но уже этого хватило, чтобы обнаружить переход с ростом уровня технологии производства от первобытного племени к периоду пахаря и скотовода и, наконец, к более позднему сообществу, разделенному на производителей и управленцев. Более того, выявилось, что уже в силу только этих двух тенденций «конкуренции и содружества» возможны нестабильность и кризисы, а также тупиковые организации сообщества, задерживающие и останавливающие его развитие. При этом, во всяком случае качественно, обнаруживается, в силу каких причин (значений параметров модели) сообщество имеет ту или иную организацию, как это показано на рис. 10.

Описанную модель можно совершенствовать, например, учесть роль науки, культуры, разделения производства на тяжелую и легкую индустрии и многое другое. Отметим, что попытка учета роли науки сразу же обнаруживает, что она не возникает с ростом уровня технологии сама по себе, как управленцы, а может появиться лишь в результате разумной деятельности людей, разумной в силу тех при определенных условиях полезных для сообщества изменений, которые она вносит по истечении некоторого времени.

Теперь читатель может подумать о том, как с эволюцией сообщества могут меняться характеризующие его параметры и как эти изменения связаны друг с другом. Возможно, вы обнаружите немало интересного. Желаю вам удачи.

Вопросы классификации иммунной системы

А. С. Шевелев

Абрам Саулович Шевелев, доктор медицинских наук, профессор Смоленского медицинского института. Область научных интересов — теоретические проблемы общей и трансплантационной иммунологии, иммунология забарьерных органов. Автор многих книг и монографий, в том числе: Реакция «трансплантат против хозяина» и трансплантационная болезнь. М., 1976; Противоречия иммунологии. М., 1978; Память о будущем. М., 1984. Неоднократно печатался в «Природе» (1960, № 4; 1977, № 4; 1984, № 1).

В ПОСЛЕДНЕЕ время появляется все больше фактов, свидетельствующих о том, что общепринятое подразделение иммунной системы на центральную (тимус, костный мозг) и периферическую (селезенка, лимфоидная ткань), где главное действующее лицо — лимфоциты, недостаточно для понимания ее строения и функций. Среди иммунологов все чаще высказывается предположение, что она состоит из различных «территорий», каждая из которых обладает своими особенностями. Видимо, пора пересмотреть представления об иммунной системе как об унитарном государстве, в котором центр диктует программу действий — правильнее рассматривать ее как союз суверенных «иммунологических республик».

Во-первых, похоже, что существуют относительно автономные цензорные (иммунные?) системы в органах, отделенных от тела биологическими барьерами — так называемых «забарьерных». Во-вторых, тимус, как центральный орган клеточного иммунитета, имеет собственную «цензуру». В-третьих, внутрибарьерные иммунные подсистемы встречаются в коже, лимфоузлах и слизистых оболочках. И, наконец, появились данные, подтверждающие существование нейроиммунологического «надзора».

ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАБАРЬЕРНЫХ ОРГАНОВ

К забарьерным органам можно отнести центральную нервную систему, семенники и глаза. Для них характерны общие свойства, и прежде всего наличие биологического барьера, препятствующего проникновению лимфоцитов[1]. Наиболее детально изучен гематоэнцефалический барьер, отделяющий центральную нервную систему от крови. Его главная функция — сохранить оптимальную концентрацию веществ, необходимых для жизнедеятельности мозга. Но биологические барьеры нервной системы не

[1] Шевелев А. С. // Иммунология. 1984. № 3. С. 5—10; Он же. Парадокс иммунитета: «чужое» в «своем» // Природа. 1984. № 1. С. 30—37.

исчерпываются гематоэнцефалическим; видимо, есть барьер между спинномозговой жидкостью (ликвором) и тканью мозга, а также образуемый клетками сосудистого сплетения. Возможно, что существует и барьер — лимфоидные клетки ликвора.

Глаз, как и центральная нервная система, обладает сложной защитой — гематоофтальмическим барьером: между кровью и сетчаткой и между кровью и влагой глаза.

Физиологическую изоляцию семенников осуществляет гематотестикулярный барьер, препятствующий проникновению в ткань яичек антител и других белков из крови, а также поступлению из нее в кровь антигенов.

Второе важное свойство забарьерных органов — отсутствие в них лимфоидной ткани и относительная «иммунологическая привилегия». В центральной нервной системе нет в норме не только лимфоидной ткани, но и лимфатических сосудов. С этой особенностью связана «иммунологическая привилегия» нервной системы, проявляющаяся в росте пересаженных в мозг чужеродных опухолей. Однако выявляется она не всегда.

В передней камере глаза также нет лимфоидной ткани, а лимфоидный аппарат семенников несовершенен. Но и глаз, и семенники обладают относительной «иммунологической привилегией».

Поскольку в норме лимфоциты не проникают в забарьерные органы, их антигены чужеродны для собственной иммунной системы и поэтому способны вызывать аутоиммунные заболевания. Так, при инъекции эмульсии мозговой ткани развивается аллергический энцефаломиелит — удобная модель для изучения рассеянного склероза у человека. Введение в организм антигенов сетчатки или сосудистой оболочки приводит к аутоиммунным увеиту и ретиниту, а инъекция антигенов семенников — к аутоиммунному орхиту (воспалению яичек) или сперматогенезу, при котором сперматозоиды не вырабатываются.

Для забарьерных органов характерны также посттравматические явления, что проявляется в отсутствии восстановительных и развитии деструктивных процессов. Это связано с тем, что нарушенная после травмы целостность биологических барьеров открывает путь лимфоцитам и в конечном итоге приводит к аутоиммунным реакциям.

ИММУНОЛОГИЧЕСКИЙ «НАДЗОР» В ЗАБАРЬЕРНЫХ ОРГАНАХ

Анализ иммунных реакций в забарьерных органах свидетельствует: в них есть собственные, относительно автономные иммунные системы[2]. Экспериментально проверить эту гипотезу можно, изучив взаимодействие клеток таких органов вне организма. Если иммунные системы внутри органа действительно существуют, их эффекторные и регуляторные клетки не похожи на лимфоциты и не способны к рециркуляции. Кроме того, функции этих систем должны зависеть от локализации.

Таким удобным объектом стали чистые линии различных нервных клеток, в частности клеток нейроглии, заполняющих пространство между нейронами и мозговыми капиллярами и обеспечивающих питание, защиту и опору нейронов. Оказалось, что при совместном культивировании этих клеток с основным белком миелина (вещество, обволакивающее нервные волокна) или в присутствии нейронов ускоряется их рост[3]. Клетки глии могут вырабатывать антиген для Т-лимфоцитов и синтезировать растворимый фактор, сходный с вырабатываемым Т-лимфоцитами, а также стимулировать или угнетать иммунную систему[4]. При совместном выращивании эндотелиальных клеток мозга и нейроглии в присутствии γ-интерферона синтезируются молекулы главного комплекса гистосовместимости, необходимые для иммунологических реакций. Кроме того, клетки нейроглии, обладающие фагоцитарной активностью, способны вырабатывать интерферон. На мембранах нейронов и клеток глии обнаружена молекула, по своему строению гомологичная фрагментам антител, которые присутствуют на мембранах Т-лимфоцитов (тимоцитов).

Все это позволило предположить, что в центральной нервной системе существует собственный контроль[5].

Однако имеются и факты, которые противоречат выдвинутой гипотезе. Такова, например, «иммунологическая привилегия» нервной системы и высокая частота развития в ней злокачественных лимфом после пересадок почек, а также невозможность полностью исключить влияние иммунной системы на предполагаемую цензорную функцию нервной системы. Кроме того, установлено, что через гематоэнцефалический

---

[2] Шевелев А. С. // Успехи соврем. биологии. 1985. Т. 100. Вып. 2 (5). С. 257—272.

[3] Subba R. D., Grogan G. B. // Transplantation. 1977. V. 24. P. 377; Wood P. M., Bunye R. P. // Nature. 1986. V. 320. N 6064. P. 756—758.

[4] Sun D., Wekerle H. // J. Neuroimmunol. 1987. V. 16. N. 1. P. 187.

[5] Fontana A., Fierz W. // Springer Semin. Immunoputhol. 1985. V. 135. N 8. P. 57—70.

барьер могут проходить сенсибилизированные к антигенам лимфоциты.

Таким образом, гипотезу о наличии в забарьерных органах собственных цензорных систем пока нельзя считать доказанной. Однако подтверждающие ее факты продолжают накапливаться. В этом отношении большой интерес представляют новые данные, полученные при изучении тимуса.

ТИМУС КАК ЗАБАРЬЕРНЫЙ ОРГАН

Для такого определения центрального органа клеточного иммунитета немало причин. Прежде всего анатомические особенности коры тимуса и общие его свойства весьма сходны с другими забарьерными органами. Так, внутривенное или подкожное введение антигенов тимуса влечет за собой аутоиммунный тимит, а при повреждении тимус не восстанавливается. Правда, в отличие от других забарьерных органов в тимусе чрезвычайно много Т-лимфоцитов (тимоцитов), но их большую часть составляют незрелые клетки, а введение антигенов в тимус не вызывает образования антител. Но при внутривенном введении меченые тимоциты в тимус не попадают.

Кроме того, обнаружены так называемые тимические «клетки-няньки», образующиеся в результате проникновения лимфоцитов в эпителий тимуса.

Все эти факты свидетельствуют о наличии в тимусе не менее трех барьеров: гематотимического, кортикомедуллярного (между корой и мозговым слоем тимуса), и лимфоэпителиального.

Экспериментальные данные позволяют предположить, что в тимусе, как и в центральной нервной системе, имеется собственный иммунный контроль[6].

Следует подчеркнуть, что биологический барьер тимуса обладает избирательной проницаемостью для различных клеток. Если ранее считали, что в тимус попадают только клетки-предшественники Т-лимфоцитов из костного мозга, а выходят из него относительно зрелые Т-клетки, то в последнее десятилетие установлено, что из периферической лимфоидной ткани могут также проникать в тимус специфически активированные Т-лимфоциты[7].

Если предположение о наличии в тимусе собственной системы саморегуляции будет подтверждено, это приведет к пересмотру современных представлений об иммунной системе и механизмах ее функционирования.

ВНУТРИБАРЬЕРНЫЕ ЦЕНЗОРНЫЕ СИСТЕМЫ

Помимо биологических барьеров, отделяющих забарьерные органы от внутренней среды организма, существуют барьеры, отграничивающие наше тело от внешней среды. Прежде всего это кожа и слизистые оболочки, а также система лимфоузлов, которые, по всей вероятности, обладают своеобразной иммунной защитой.

В течение длительного времени кожу рассматривали как механическую преграду для микробов и других чужеродных агентов. Затем обнаружили ее бактерицидную активность, т. е. способность к самоочищению при попадании на нее микроорганизмов.

Однако факты, полученные в последние годы, коренным образом изменили наши представления о биологических функциях кожи и позволили говорить о ее собственной иммунной системе. Все началось с открытия некоторых удивительных особенностей Т-клеточных лимфом. Оказалось, что злокачественные Т-лимфоциты имеют особое сродство к коже: на ранней стадии развития опухоли они мигрируют в эпидермис, после чего скапливаются в глубоких слоях кожи. Выяснилось, что рак кожи, названный кожной Т-клеточной лимфомой, есть результат злокачественного перерождения Т-хелперов, при котором опухолевые клетки сохраняют свойства нормальных Т-лимфоцитов[8].

В 1974 г. было впервые высказано предположение, что в коже созревают нормальные Т-клетки. Основанием для такого вывода послужил тот факт, что у бестимусных мышей (с врожденным отсутствием тимуса) нет шерсти. Генетический анализ показал, что оба эти свойства связаны с дефектом одних и тех же генов. Кроме того, в некоторых эпителиальных клетках тимуса обнаружили кератин — белок наружного слоя кожи.

При совместном культивировании кератиноцитов с нормальными зрелыми Т-клетками синтезируется фермент деоксинуклеотидилтрансфераза, который в норме находят в тимусе на ранних стадиях созревания Т-лимфоцитов. На мембранах эпителиальных клеток тимуса и на кератиноцитах кожи обнаружены три одинаковые молекулы — маркеры ТЕ-4, А2В5 и Р/9. Кератиноциты,

[6] Шевелев А. С., Синявский О. А. // Иммунология. 1986. № 3. С. 8—13.

[7] Naparstek Y., Holoschitz G. // Nature. 1982. V. 300. P. 262.

[8] Эдельсон Р. Л., Финк Дж. М. // В мире науки. 1985. № 8. С. 16—24.

содержащие эти маркеры, вырабатывают вещество, напоминающее по своим свойствам один из гормонов тимуса — тимопоэтин, антитела против которого связываются с цитоплазмой кератиноцитов.

В коже содержатся также клетки Лангерганса, способные преобразовывать внешние антигены в форму, доступную Т-лимфоцитам. Они передают антиген преимущественно Т-хелперам и активируют их. В 1984 г. открыли новый тип клеток, представляющих антиген Т-супрессорам,— клетки Гринстайна.

Установлено, что кератиноциты не только стимулируют созревание Т-лимфоцитов, но и синтезируют антигены, необходимые для реакций Т-лимфоцитов. Мышиные кератиноциты, содержащие Ia-антигены, активируют так называемые клетки Лангерганса, а также вырабатывают фактор, поддерживающий рост клеточной линии Т-хелперов. Эпидермальные клетки кожи могут активировать Т-супрессоры.

Таким образом, кожа содержит основные компоненты Т-клеточной системы иммунитета: Т-хелперы, Т-супрессоры, клетки, передающие антигены, и кератиноциты, регулирующие иммунологические процессы в коже. Какова же последовательность клеточных взаимодействий в коже?

Согласно схеме Р. Эделсона и Дж. Финка, сначала антиген связывается с клетками Лангерганса или Гринстайна, после чего клетки Лангерганса передают его специфическим Т-хелперам, мигрирующим в эпидермис, а клетки Гринстайна — Т-супрессорам. В норме хелперный сигнал преобладает над супрессорным, а при повреждении клеток Лангерганса — наоборот. Кроме того, Т-клетки, реагирующие на данный антиген, получают от кератиноцитов второй сигнал, стимулирующий Т-лимфоциты к синтезу интерлейкина-2 (фактор роста Т-лимфоцитов), который связывается с другими Т-клетками той же специфичности и активирует их. В результате резко увеличивается количество Т-лимфоцитов, способных реагировать с данным антигеном, которые потом проникают через лимфу в различные органы и ткани.

ИММУННАЯ СИСТЕМА СЛИЗИСТЫХ ОБОЛОЧЕК

Если иммунная система кожи функционирует преимущественно на клеточном уровне иммунитета, то в слизистых оболочках она действует, главным образом, на гуморальном уровне иммунитета.

Это относится и к самим слизистым оболочкам, и к жидкостям, омывающим их (слюна, слезы, молозиво, отделяемое полости носа, а также трахеобронхиального, кишечного и мочеполового трактов).

Лучше всего изучена функция лимфоидной ткани тонкого кишечника, которая включает миндалины, брыжжеечные лимфоузлы и другие образования. Клетки, вырабатывающие IgA-антитела, возникают в брыжжеечных лимфоузлах. Антигены, поступающие из просвета кишечника в брыжжеечные лимфоузлы, стимулируют В-лимфоциты, попадающие в грудной проток, а потом в кровь. Затем эти лимфоциты снова возвращаются в слизистую кишечника, где дифференцируются в плазматические клетки, вырабатывающие IgA. Попадая в эпителиальный слой кишечника, IgA соединяются с вырабатываемым там секреторным компонентом — пептидом, который защищает иммуноглобулины от переваривания ферментами кишечника.

Эпителиальные клетки тонкого кишечника могут передавать антигены Т-лимфоцитам в участках проникновения антигенов в слизистую кишечника. В слизистой кишечника содержатся также Т-супрессоры.

В последние годы выявлена важная роль интерэпителиальных лимфоцитов тонкого кишечника в формировании иммунных реакций и их сходства с тучными клетками, участвующими в развитии аллергических реакций. В присутствии интерлейкина-2 эти лимфоциты дифференцируются в Т-киллеры.

В слизистых оболочках дыхательного тракта обычно содержится небольшое количество плазматических клеток, а под эпителием бронхов — скопления лимфоидной ткани. При внутритрахеальной иммунизации специфические антителообразующие клетки накапливаются в слизистой дыхательного тракта, околотрахеальных лимфоузлов и легких.

Несмотря на то, что разные слизистые оболочки имеют свои особенности, они, видимо, тесно связаны друг с другом. Так, при введении спермы в желудок крыс в секрете полового тракта появляются антиспермальные антитела типа IgA иммунизированных самок, что сопровождается развитием бесплодия[9].

СИСТЕМА ЛИМФАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ

Барьерные функции лимфатических узлов известны давно; особенно хорошо они изучены по отношению к инфекционным агентам. Микроорганизмы, проникшие через кожу и слизистые, попадают в регионарные

[9] Allardyse R. B. // J. Experim. Med. 1984. V. 189. N 5. P. 1548—1553.

лимфоузлы. Но эндотелий капилляров лимфоузлов — преграда не только для микробов, но также для других клеток и макромолекул. Этот биологический барьер обеспечивает избирательное проникновение лимфоцитов из крови в лимфу и более низкую концентрацию белков в лимфе. В так называемых посткапиллярных венулах эндотелий капилляров резко утолщен по сравнению с эндотелием других сосудов (высокий эндотелий). Лимфоциты проникают через этот барьер из крови в лимфоузлы, а затем в лимфу. На поверхности лимфоцитов расположены рецепторы, распознающие высокий эндотелий, на поверхности которого находятся рецепторы, связывающиеся с лимфоцитами. Прилипание лимфоцитов к высокому эндотелию высоко специфично: оно тем выше, чем ближе друг к другу расположены донор и хозяин на эволюционной лестнице.

Зрелые Т-лимфоциты человека связываются предпочтительно с высоким эндотелием периферических лимфоузлов и миндалин, тогда как В-лимфоциты — преимущественно с клетками лимфоидной ткани кишечника. Рецепторы для высокого эндотелия у лимфоцитов появляются в ходе их дифференциации в тимусе.

Лимфоциты постоянно циркулируют между различными лимфоузлами, причем их миграция характеризуется определенной специфичностью, что проявляется в сродстве к определенным лимфоузлам при внутривенном введении.

Помимо общих закономерностей, характеризующих миграцию лимфоцитов через гематолимфатический барьер, имеются и отличия. Так, некоторые микроорганизмы вызывают преимущественную реакцию только определенных лимфоузлов. Установлена своеобразная реакция паратимусных лимфоузлов на введение антигена: число тучных клеток в них увеличивалось уже через 3 мин. после внутрибрюшного введения антигена, тогда как в брыжжеечных лимфоузлах это наблюдается только через 3 сут. после антигенной стимуляции, а после стресса количество тучных клеток в околотимусных лимфоузлах увеличивается в 20 раз, причем эти клетки находятся в тесном контакте с макрофагами, чего не наблюдается в брыжжеечных лимфоузлах[10].

Таким образом, внутрибарьерная функция лимфоузлов и слизистых оболочек неодинакова в разных участках этих органов.

НЕЙРОИММУНОЛОГИЧЕСКИЙ «НАДЗОР»

Известно, что нервная и иммунная системы — две основные регуляторные системы организма, в работе которых много общего. Так, обе системы обладают памятью на воздействие стимулов, которая не наследуется; обе подразделяются на центральную и периферическую, и клетки обеих могут взаимодействовать с другими клетками как непосредственно, так и с помощью посредников — медиаторов.

Существование нейтроиммунологического «надзора» подтверждают исследования, доказывающие способность иммунной системы воспринимать различные сигналы, в том числе и поступающие из центральной нервной системы[11]. На мембране лимфоцитов обнаружены рецепторы, связывающиеся с различными гормонами и гормоноподобными веществами, которые вырабатываются в нервной системе (эндорфины, энкефалины, холины, адренергические вещества и сенсорные нейтропептиды). Некоторые медиаторы иммунной системы обладают эндорфиноподобными свойствами и сродством к опиатным рецепторам. Кроме того, различные нейропептиды изменяют функции лимфоцитов. Так, сенсорные пептиды, вырабатываемые в нервной системе (субстанция Р и соматостатин), влияют на функции Т-лимфоцитов, плазматических клеток и базофилов: они освобождают гистамин из тучных клеток, приводя тем самым к аллергическим реакциям. Субстанция Р усиливает пролиферацию лимфоцитов и биосинтез IgA. Важно, что лимфоциты могут вырабатывать кортикотропин и эндорфиноподобные вещества, к которым на их же мембране имеются рецепторы. Морфин и опиоидные пептиды угнетают цитотоксическую активность Т-киллеров.

Установлены различные механизмы взаимодействия этих двух систем. Так, в центральной нервной системе обнаружены не только зоны, влияющие на иммунную систему, но и область, работа которой контролируется иммунологическими реакциями[12]. Полагают, что нейропептиды и их рецепторы связывают нервную, иммунную и

[10] Асеева Н. Д., Сахарова Г. Н. // Онтогенез. 1980. № 4. С. 424—425; 1986. № 5. С. 538—540.

[11] Blalock J. R., Menamin D., Smith J. M. // J. Immunol. 1985. V. 135. N 2. P. 8585—8615.

[12] Гордон Д. С., Сергеева В. Е., Зеленова И. Г. Нейромедиаторы лимфоидных органов. Л., 1982; Корнева А. А., Шекоян В. А. Регуляция защитных функций организма. М., 1982.

эндокринную системы в единую психосоматическую сеть, составляющую единый биохимический субстрат эмоций[13]. Опиатные пептиды обусловливают состояние удовольствия, субстанция Р — боль. Возможно, что лимфоциты, активированные бактериями и вирусами, вырабатывают эндорфины, которые передают сигнал в нервную систему, и что через гематоэнцефалический барьер могут проникать различные медиаторы, вырабатываемые лимфоцитами (лимфокины). Доказано, что паренхима всех лимфоидных органов пронизана адренергическими и холинэстеразными нервными волокнами, а при стимуляции иммунной системы меняется электрическая активность нервной системы. Установлено, что иммунологическая реакция «трансплантат против хозяина» изменяет митотическую активность клеток мозжечка, а в нашей лаборатории показано, что она влияет и на белоксинтезирующую активность нейронов[14].

Имеются данные, что на мембране лимфоцитов и макрофагов, с одной стороны, и мембране нейронов и клеток нейроглии — с другой, имеются общие антигены. Главный белок нервной системы (Thy-1), концентрация которого максимальна, присутствует и на клетках тимуса в участках межнейронных взаимодействий (т. е. в синапсах). Тогда можно предположить, что при активации лимфоцитов образуется своеобразный лимфоидный синапс, через который передаются соответствующие сигналы. Возможно также, что в процессе эмбриогенеза часть клеток нервного гребня попадает в желточный мешок и (или) в эмбриональную печень, в результате чего они приобретают свойства кроветворных клеток, которые в дальнейшем дифференцируются в иммунокомпетентные клетки[15].

Таким образом, наряду с иммунологическим «надзором» иммунной системы и нейрологическим «надзором» центральной и вегетативной нервной систем возможен нейроиммунологический «надзор» этих двух систем, который обеспечивает постоянство внутренней среды организма.

Итак, наши представления об иммунной системе нуждаются в пересмотре. Ее подразделение на центральную и периферическую не отражает истинного положения вещей, затрагивая лишь один уровень строения иммунной системы (добарьерный), не учитывая факты, предполагающие наличие забарьерных и внутрибарьерных цензорных (иммунных?) систем.

В свете приведенных данных иммунную систему целесообразно разделить на добарьерную: центральную (тимус, костный мозг), периферическую (лимфоузлы, селезенка, лимфоидный аппарат желудочно-кишечного тракта, кровь, лимфа, кожа, слизистые оболочки); забарьерную (центральная нервная система, тимус, семенники, глаз); внутрибарьерную (кожа, лимфоузлы, иммунная система слизистых, спинномозговая жидкость).

Эта схема условна. Во-первых, согласно ей, тимус, с одной стороны, центральный орган иммунитета, но с другой — он представляет собой забарьерный орган с собственной цензорной системой. Во-вторых, кожа, слизистые и лимфоузлы относятся и к периферической иммунной системе, и к внутрибарьерным системам. В-третьих, доказательства существования собственных цензорных систем в забарьерных органах еще нуждаются в подтверждении и уточнении.

Тем не менее, как нам кажется, предлагаемая классификация подчеркивает ее подразделение на различные территории. Она свидетельствует о необходимости постановки экспериментов для выяснения конкретных механизмов иммунологического «надзора» в забарьерных и внутрибарьерных иммунных системах. В сущности, одна из главных задач любой классификации — способность вызывать к жизни эксперименты, которые могли бы ее подтвердить или опровергнуть.

---

[13] Perf C. B., Ruff M. R., Weber R. J., Herkenham R. // J. Immunol. 1985. V. 135. N 2. P. 820—826.

[14] Шевелев А. С., Сидоренко О. Н., Зайцева М. Б. // Регуляция иммунного гомеостаза. Тез. докл. М., 1986.

[15] Абрамов В. В. // Успехи физиол. наук. 1990. Т. 21. № 2. С. 111—120.

Добыча нефти и газа с помощью ядерных взрывов

В. И. Мусинов

Владимир Иванович Мусинов, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского и проектно-изыскательского института промышленной технологии Министерства атомной энергетики и промышленности СССР. Специалист по физическим процессам горного производства, имеет практический опыт бурения и эксплуатации глубоких скважин. Научный руководитель опытно-промышленных работ на объекте «Нева».

ЯДЕРНЫЕ взрывные устройства, созданные в эпоху гонки вооружений, не должны использоваться по прямому своему назначению — эта мысль вроде бы уже не вызывает сомнений. И все же, стоит ли уничтожать их и накопленный в них энергетический потенциал, не пытаясь получить хоть какую-то пользу для человечества?

Поиск путей мирного использования ядерных взрывов начали еще в 60-е годы специалисты СССР и США, работавшие по соответствующим государственным программам. В 1975 г. эти исследования были ограничены международным договором, который разрешал применять только камуфлетные ядерные взрывы ограниченной мощности. Это ограничение объясняется тем, что центры камуфлетных взрывов не связаны напрямую (через трещины) с атмосферой и гидросферой, в том числе водоносными горизонтами. Поэтому при определенных геолого-технических условиях они радиационно и сейсмически безопасны.[1].

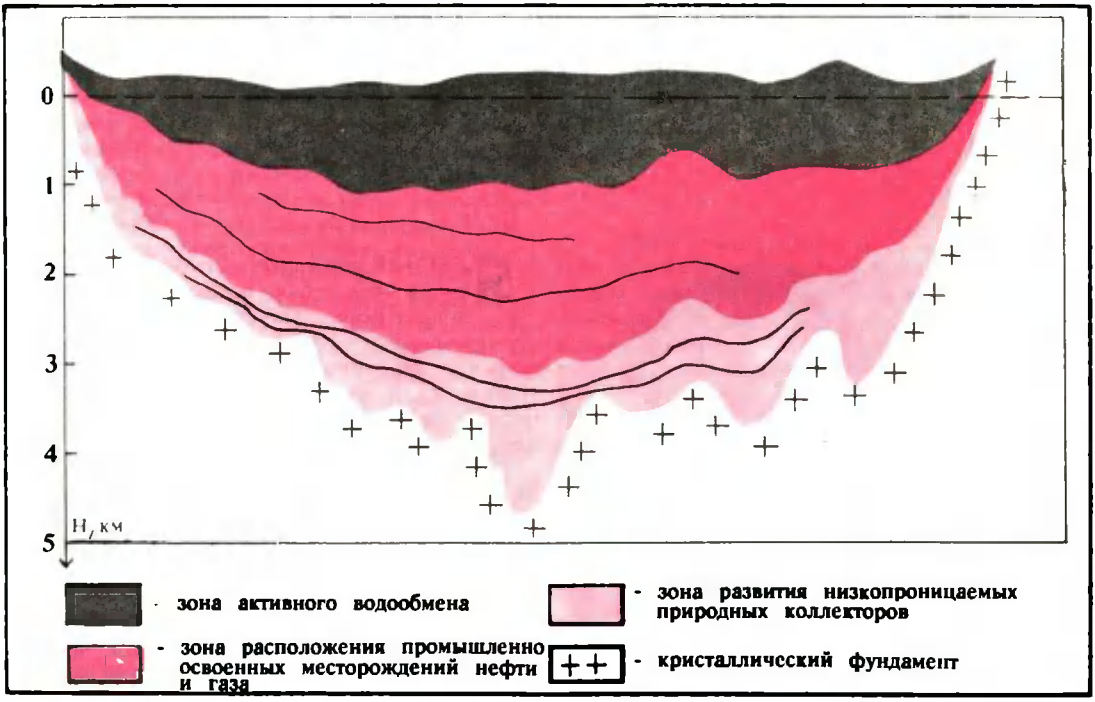
С начала 80-х годов в США работы, связанные с использованием ядерных взрывов в промышленных целях, были почти полностью прекращены. Главную роль в этом сыграло негативное общественное мнение, а также трудности финансирования поисковых работ, не сулящих быстрой экономической выгоды. Впрочем, такой поворот событий не отражает мнения американских ученых, многие из которых полагают, что камуфлетные ядерные взрывы достаточно перспективны, особенно при разведке и эксплуатации месторождений природных углеводородов[2].

В СССР подобные исследования продолжались до 1987 г. Отечественный опыт базируется на результатах более 100 мирных взрывов, показавших, что с их помощью можно решить немало практических задач. Недавно в «Природе» рассказывалось, как камуфлетные ядерные взрывы улучшают эко-

---

[1] Васильев А. П., Приходько Н. К., Симоненко В. А. Подземные ядерные взрывы... для улучшения экологической обстановки // Природа. 1991. № 2. С. 36—42.

[2] Stosar J. J. // Intern. J. of Energy Research. 1977. V. 1. N 2. P. 99—114.



Схематический разрез осадочного чехла Западной Сибири (от Урала до Енисея), содержащего скопления нефти и газа. По степени промышленной освоенности запасов углеводородов в разрезе выделяются три зоны: верхняя, где в связи с эрозионными процессами промышленно значимые скопления углеводородов отсутствуют, средняя, заключающая в себе почти все освоенные месторождения нефти и газа, и нижняя, большие скопления углеводородов которой практически не используются из-за низкой проницаемости пород-коллекторов и сложности их геологического строения.

логическую обстановку[3]. Здесь же речь пойдет о перспективах использования таких взрывов при разведке и добыче природных углеводородов.

ВЗРЫВЫ... ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СКВАЖИННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Основу топливно-энергетического баланса индустриально развитых стран составляют, как известно, нефть и газ. Известно также, что нефть и газ относятся к невозобновляемым природным ресурсам. Однако все современные скважинные технологии разведки и добычи этих важнейших продуктов далеки от совершенства. Например, они не позволяют освоить большие скопления природных углеводородов, выявленные в нижнем чехле осадочных пород Западной Сибири (тюменская, баженовская и ачимовская свиты). Эти скопления нефти и газа, соизмеримые по запасам с лежащими выше освоенными отложениями, почти не используются из-за низких дебитов разведочных скважин.

Современные скважинные технологии не обеспечивают высокий коэффициент отдачи нефти и на освоенных месторождениях. Этот показатель не превышает в среднем 40—50 %, а в оторочках газонефтяных месторождений — 10—15 %. Скважинные технологии не позволяют также разрабатывать кристаллогидратные и битумные месторождения природных углеводородов, которых в нашей стране немало.

В целом такие технологии дают возможность извлекать не более 25 % выявленных запасов нефти и газа. И если они не будут существенно модернизированы, энергетический кризис станет реальностью уже в недалеком будущем. (Разумеется, если не удастся найти альтернативы моторным топливам на основе нефти.)

Возможности использования камуфлетных ядерных взрывов для совершенствования скважинных технологий изучались как в СССР, так и в США. В нашей стране взрывы проводились в основном в нефтяных

[3] См.: Васильев А. П., Приходько Н. К., Симоненко В. А. Указ. соч.

и нефтегазовых месторождениях, коллекторы которых представлены очень прочными карбонатными породами с различной пористостью и проницаемостью. Глубина залежей и соответственно глубина взрывов не превышала при этом 1,5 км, а мощность взрывных устройств составляла от 3 до 15 кт.

Американские же эксперименты ставились в условиях газовых месторождений, коллекторы которых представлены очень прочными терригенными породами с небольшой пористостью и проницаемостью. Эти взрывы были проведены на значительно больших глубинах (до 2,5 км), а мощность используемых зарядов составляла от 29 до 43 кт.

Результаты всех этих экспериментов на нефтяных и газовых объектах убедительно доказывают, что ядерные взрывы улучшают показатели работы системы «пласт-скважина» и дают значительный рост дебита стимулируемых скважин (см. таблицу). Более того, комплекс специальных исследований, направленных на изучение сопровождающих взрывы физических явлений, позволил понять, почему это происходит и какие последствия взрыва могут иметь самостоятельное технологическое значение.

Из всех физических явлений, сопровождающих камуфлетные взрывы, исследователями выделены три: механическое преобразование окружающей пористой среды, устойчивую электрическую поляризацию близлежащих пород и консолидацию основной массы (95—98 %) радиоактивных продуктов в отвердевшем оплаве.

Область механического преобразования пористой среды вокруг центра камуфлетного взрыва ограничивается приведенным радиусом $\bar{R} \leqslant 80$—100 м/кт$^{1/3}$. Это качественно неоднородное образование, которое схематически — для условно однородной исходной среды — можно представить в виде нескольких зон.

Для центральной зоны (I) с радиусом 25—35 м/кт$^{1/3}$ характерна развитая система радиальных и тангенциальных макротрещин. Из-за обилия пересекающихся трещин состояние пород в этой зоне неустойчиво (что ведет к их обрушению в полость взрыва), а проводимость флюидов очень высока. Все это позволяет рассматривать зону I как большую емкость (10^4—10^5 м^3), пригодную для разделения поступающих жидкостей и газов и накопления жидкостей и твердых взвесей.

Промежуточная зона (II) представляет собой оболочку остаточно деформированных пород толщиной 10—15 м/кт$^{1/3}$. Породы здесь находятся в напряженном состоянии, способствующем статическому обжатию стволов скважин, а также появлению крупных пор и трещин. Зону II, в которой породы центральной зоны разгружаются от действия внешнего давления, можно считать дополнительным барьером на пути флюидов, движущихся к центру взрыва или от него.

Внешняя зона III имеет радиус 80—100 м/кт$^{1/3}$. Здесь образуются лишь отдель-

Технологические показатели опытно-промышленных объектов

Объект исследований	Характеристика природного коллектора				Приведенная глубина взрыва, м/кт$^{1/3}$	Число взрывов	Прирост дебита скважин, раз	Дополнительное извлечение топлива** на один взрыв, 10^3м
	состав пород	пористость, %	проницаемость, md	насыщающий флюид				
«Бутан»	Известняк	15—20	4—64	Нефть и газ	6,5; 8	5	1,4—1,5	80
«Гелий»	—»—	8—10	5—20	Нефть	10	5	1,6—1,	—
«Грифон»	—»—	10—15	20—40	Вода*	7	2	1,5—1,6	120
«Нева»	Известняк, доломит	10—12	0,2—0,4	Нефть	5,7	6	>20	80
«Гэсбагги»	Песчанистый сланец, алевролит	10—12	0,1—0,2	Газ	4,2	1	6—8	—
«Руллисон»	—»—	7—9	0,2—0,4	—»—	6,2	1	10—15	—
«Рио-Бланко» (гирлянда)	—»—	4—6	0,1	—»—	5,5; 5,9; 6,3	3	10—15	—

* Взрывы проведены ниже продуктивного пласта примерно на 70 м.
** Нефть+газ; 1 м^3 нефти ≈ 1000 м^3 газа.

ные радиальные микротрещины, т. е. деформация пород сохраняется почти неизменной. Эту зону принято рассматривать как примыкающий к центру взрыва массив пород, в котором незначительно (примерно в 1,5 раза) увеличена проводимость флюидов.

Наряду с механическим преобразованием окружающей пористой среды камуфлетные ядерные взрывы сопровождаются устойчивой электрической поляризацией пород. Область аномальной электрической поляризации охватывает промежуточную и внешнюю зоны, а зачастую простирается на 200—250 м/кт$^{1/3}$. Напряженность электрического поля в аномальной области направлена к центру взрыва, что обеспечивает дополнительное увеличение движения жидких флюидов к центру нарушенной взрывом зоны (обратному их перемещению препятствуют электростатические силы, особенно в промежуточной зоне).

Впервые технологическая значимость этого эффекта была отмечена во время опытно-промышленных работ на объекте «Нева»[4]. Выполненные здесь исследования показали зависимость аномальной электрической поляризации от свойств породы-коллектора, что позволяет планировать использование этого последствия взрыва. Был установлен и механизм его влияния на подвижность пластовых флюидов: воздействие аномальной поляризации на слой жидкости, сорбированный поверхностью фильтрационного канала.

Следовательно, аномальная электрическая поляризация технологически значима только для мелкопоровых пород-коллекторов и последствия камуфлетного ядерного взрыва всегда будут проявляться в зоне II, где из-за уплотнения породы приобретают свойства полупроводников, что облегчает движение жидкости к центру взрыва. Именно благодаря этому удается надежно локализовать жидкость в центральной зоне. Такую возможность подтверждает, в частности, выявленная в экспериментах на объекте «Нева» зависимость скорости фильтрации от взаимной направленности векторов электрической напряженности и пьезометрического напора жидкости.

Таким образом, есть все основания утверждать, что основные преобразования среды при камуфлетном ядерном взрыве технологически значимы. Но как влиять на них, как, меняя параметры системы «пласт-скважина», управлять процессом?

КОНКРЕТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Технологическая значимость последствий камуфлетного ядерного взрыва зависит не только от особенностей преобразования им среды, но и от геологического строения залежей природных углеводородов и режима их разработки. Около 80 % месторождений нефти и газа относятся к пластовому типу, для которого характерно большое отношение площади S к толщине h ($\sqrt{S}/h \sim 10^3$—10^4). Реальное механическое преобразование пород-коллекторов ядерным взрывом не может затрагивать слой, заметно превосходящий по толщине саму залежь,— это диктуется необходимостью сохранить покрышку залежи. Поэтому для большинства месторождений взрывы должны быть ограничены по мощности, и их следует рассматривать как средство воздействия не на всю залежь, а только на часть, примыкающую к забою скважины. Кстати, и американские специалисты пришли к выводу, что площадь участка, подвергаемого механическому воздействию взрыва, не превышает долей процента от площади залежи.

Опыт показывает, что камуфлетные ядерные взрывы наиболее эффективны при промышленном освоении (разведке и разработке) залежей нефти и газа, сосредоточенных в низкопроницаемых породах-коллекторах со сложной структурой. Пока такие залежи, по существу, не используются.

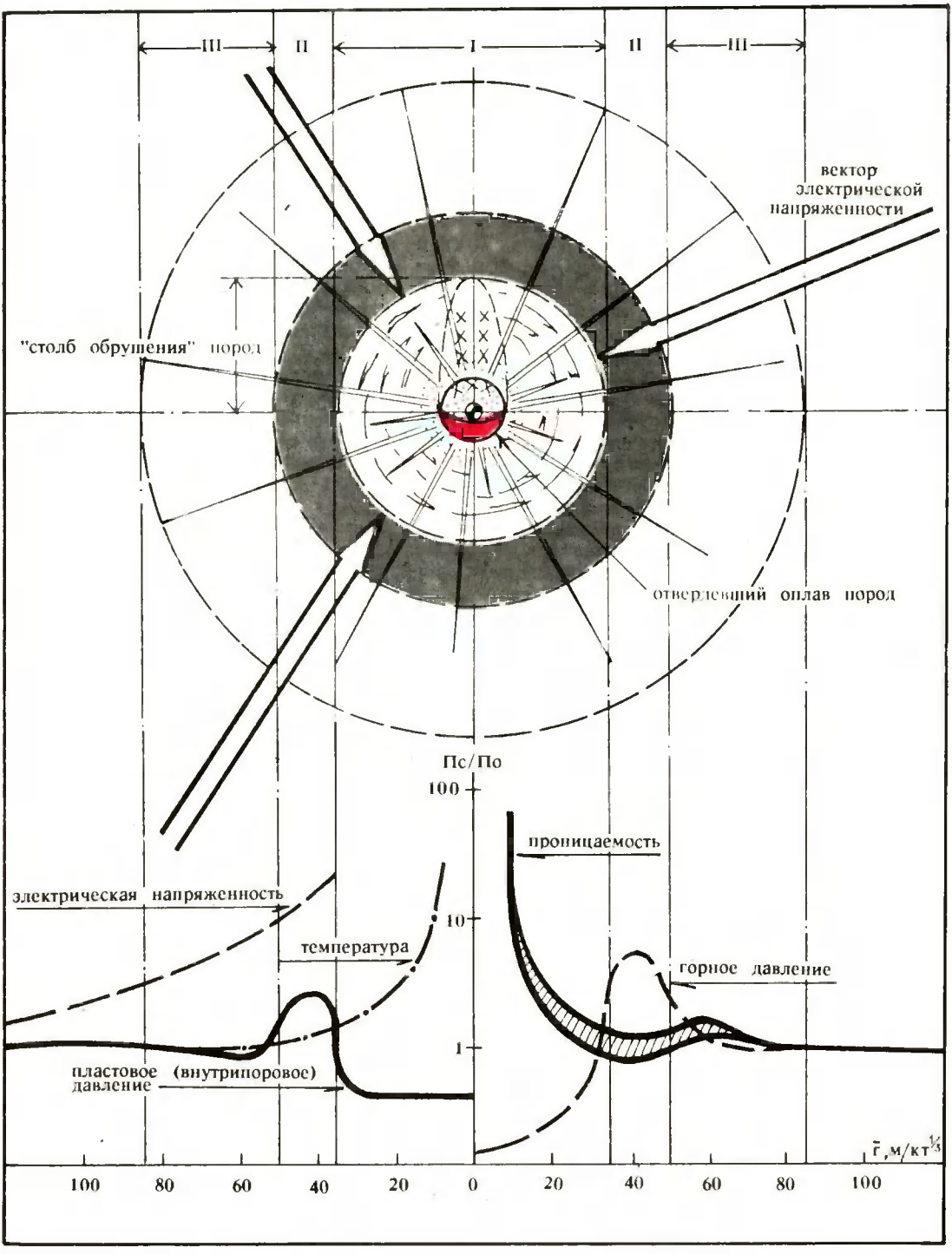
Эксперименты в условиях подобных месторождений проводились на трех американских («Гэсбагги», «Руллисон» и «Рио-Бланко») и одном отечественном («Нева») объектах. Это позволило определить принципы построения и использования двух технологий, одна из которых предназначена для оценки фильтрационных параметров продуктивного горизонта, другая — для интенсификации притока пластовых флюидов.

Как показали работы на объекте «Нева», при разведке залежей нефти и газа в сложнопостроенных, низкопроницаемых

Вверху: схема физико-механического преобразования однородных пористых горных пород под действием камуфлетного ядерного взрыва. Выделены три зоны (центральная — I, промежуточная — II и внешняя — III), отличающиеся по степени преобразования пород и использующиеся для достижения разных технологических целей. Стрелками показаны векторы электрической напряженности в возникающей при взрыве области аномальной электрической поляризации пород.

Внизу: график, отражающий изменение основных свойств пористой среды (по горизонтали — приведенный радиус, по вертикали — отношение «стимулированного» параметра к исходному).

[4] Кедровский О. Л., Лыкин М. С., Мусинов В. И. // Нефтяное хозяйство. 1986. № 12. С. 45—48.


III
II
I
II
III
вектор электрической напряженности
"столб обрушения" пород
отвердевший оплав пород
Пс/По
100
10
1
проницаемость
электрическая напряженность
температура
горное давление
пластовое (внутрипоровое) давление
r̄, м/кт^1/3
100 80 60 40 20 0 20 40 60 80 100

коллекторах можно оценивать фильтрационные параметры продуктивного горизонта, не выпуская пластовые флюиды на поверхность (такая оценка — одна из основных задач поисковых работ).

Камуфлетный ядерный взрыв в этой технологии нужен, чтобы создать в пласте определенного размера полость с пониженным давлением газа. По данным дистанционного замера давления и температуры у забоя стимулируемой взрывом скважины (они закономерно меняются под действием притока пластовых флюидов в зону I) строится кривая, описывающая восстановление давления, и затем находятся искомые параметры.

Проверив этот способ на практике, мы убедились, что наши оценки фильтрационных параметров близки к полученным обычным путем — при газодинамических исследованиях работающих скважин. И хотя эта технология довольно дорогая, о чем еще пойдет речь, ее можно рекомендовать для разведочных работ в труднодоступных районах, сложных геологических условиях.

В тех же низкопроницаемых мелкопоровых коллекторах, но уже при разработке залежей, можно применять технологию, усиливающую приток флюидов. Камуфлетный ядерный взрыв в этом случае обеспечивает более совершенное вскрытие залежи и повышает подвижность жидких флюидов. Натурные эксперименты на перечисленных объектах показали, что таким способом удается достичь большого (более 15 раз) прироста дебита скважин.

При разработке нефтяных и газовых месторождений качество вскрытия залежи оценивается эффективным радиусом скважины $R_э$, т. е. расстоянием от ее оси, на котором меняются условия движения флюидов — из области высоких (пластовых) сопротивлений движению они переходят в область низких сопротивлений (при движении по трубам и макротрещинам). Для любой скважины граница смены режима движения флюидов зависит от состояния окружающей забой зоны: от того, как велось бурение, от свойств слагающих ее пород и т. д. Эффективный радиус может быть как больше, так и меньше радиуса ствола скважины.

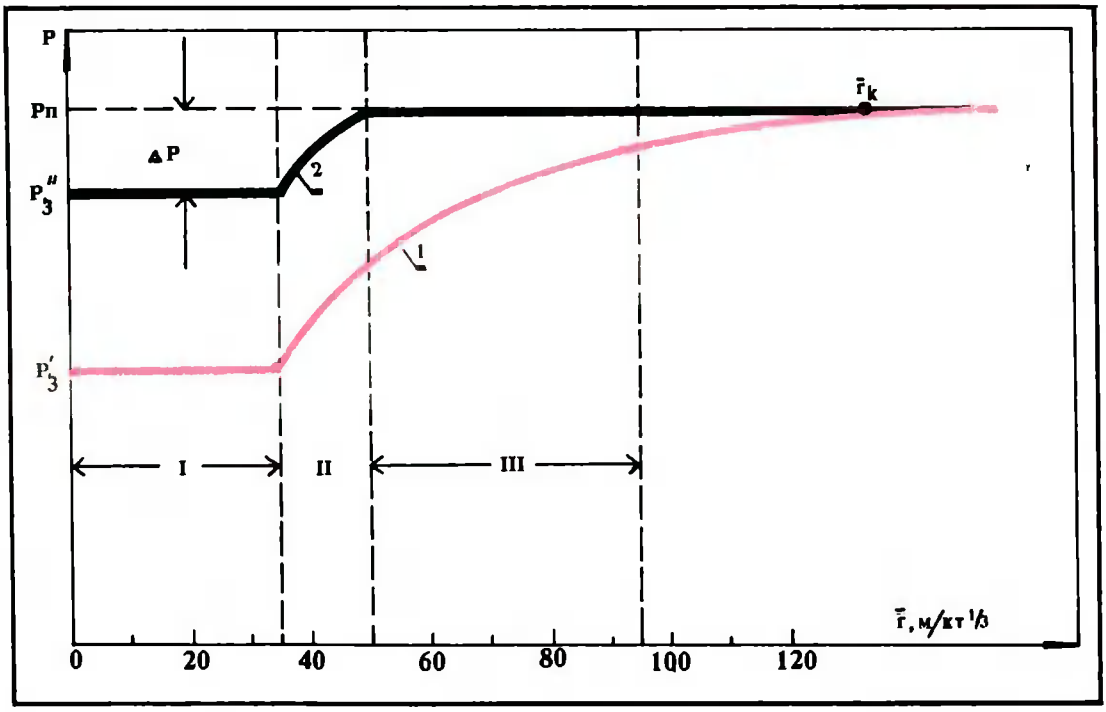
Вследствие характерного для пластовых флюидов плоскорадиального движения к забою скважины ее дебит определяется логарифмом отношения радиуса контура питания $R_к$ к эффективному радиусу скважины: $\lg (R_к/R_э+1)$. Это означает, что увеличение $R_э$, например, в 100 раз приведет к приросту дебита всего в два раза.

Эффективный радиус стимулированной взрывом скважины определяется в основном размером зоны I, где сопротивление движению флюидов мало. Поскольку мощность камуфлетного ядерного взрыва обычно не превышает 20 кт, размер этой зоны и эффективный радиус скважины составляют 100—150 м.

Казалось бы, достигаются большие величины $R_э$. Однако повышать дебит скважин только за счет механического преобразования пористых сред ядерным взрывом зачастую нецелесообразно. Это стоит делать лишь в определенных породах. В тех же случаях, когда стандартными способами обработки скважин можно довести их эффективный радиус хотя бы до размера ствола (порядка 0,1 м), а механическое действие взрыва обеспечивает прирост дебита не более чем в три-четыре раза, технология становится нерентабельной. Дело в том, что стоимость одной стимулированной камуфлетным ядерным взрывом скважины близка к стоимости трех обычных глубоких скважин.

В пласте за пределами зоны трещинообразования увеличить подвижность жидких флюидов можно только электрофизическим воздействием на продуктивную толщу, причем это достигается только в мелкопоровом коллекторе. Из-за особенностей строения и насыщенности порового объема на нефтегазовой залежи объекта «Нева» аномальная поляризация пород под действием ядерных взрывов стала технологически значимой. Именно она обеспечила дополнительный прирост дебита стимулированных взрывами скважин. На американских же объектах, где природный мелкопоровый коллектор насыщен преимущественно газом, влияние аномальной электрической поляризации пород оказалось не столь заметным: прирост дебита не превышал 10—15 раз (в то время как на объекте «Нева» — более 20 раз).

Еще одно перспективное направление применения камуфлетных ядерных взрывов — совершенствование технологий добычи нефти. Одна из таких технологий, обеспечивающая увеличение коэффициента отдачи нефти, связана с отработкой массивных залежей в режиме искусственной «газовой шапки». В этом случае взрыв нужен для того, чтобы создать предпосылки для ее образования и нормального режима работы. Это достигается благодаря сепарационным свойствам области искусственной трещиноватости. Для отработки такой залежи в «газовую шапку» закачивают газ, который и вытесняет нефть. Коэффициент отбора нефти при этом близок к 60 %, что примерно вдвое выше, чем при обычной разработке подобных залежей.



Распределение давления P в системе «пласт — скважина»: 1 — при отборе нефти или газа из скважины; 2 — при остановке скважины и восстановлении давления в пласте ($\bar{r}_к$ — радиус контура питания; $\bar{r}$ — приведенный радиус; I, II и III — внутренняя, промежуточная и внешняя зоны в преобразованных взрывом породах). Забойное давление P_3' и P_3'' в стимулированной взрывом скважине всегда меньше пластового $P_п$. Остаточный перепад давления ΔP обусловлен свойствами промежуточной зоны, образующей «барьерное» сопротивление на пути пластовых флюидов. В результате такого распределения давлений напорное движение флюидов из центральной зоны в пласт оказывается невозможным до тех пор, пока не будет нарушено барьерное сопротивление.

Особенно низок, как уже отмечалось, коэффициент отбора нефти из оторочек газонефтяных залежей. Для его повышения разработана специальная технология с использованием ядерных взрывов. В ней нефть отбирается при малых депрессиях давления, обеспечиваемых особенностями строения центральной зоны взрыва. Такой отбор нефти предотвращает образование конусов прорыва более подвижных флюидов (газа и воды) к забою скважины. Это стабилизирует пространственное положение оторочки и позволяет отрабатывать ее как обычное нефтяное месторождение, достигая коэффициента отдачи, близкого к 40 % (обычно 10—15 %), и обеспечивая суммарный прирост добычи нефти в два с лишним раза.

И, наконец, еще одно возможное применение ядерных взрывов. Оно связано с добычей газа из кристаллогидратных залежей, где газ находится в неподвижном состоянии — в виде твердого соединения с водой. Газ может выделиться из кристаллогидрата при снижении давления или повышении температуры, но для этого нужно создать большую поверхность испарения и обеспечить разделение выделяющихся воды и газа внутри пласта. Взрыв позволяет выполнить оба эти условия за счет большой поверхности образуемых им трещин, сепарационных и накопительных свойств центральной зоны взрыва.

В заключение остается добавить, что перечисленные здесь технологии не исчерпывают всех возможностей использования камуфлетных ядерных взрывов при разведке и добыче углеводородов. Накопленный в экспериментах опыт позволяет расширить этот перечень. Но и без того видно, что технологические возможности такого рода взрывов весьма широки.

И все же прежде чем давать окончательную оценку перспективности их использования, необходимо ответить на два принципиальных вопроса: насколько их применение экономически целесообразно и экологически приемлемо?

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ

Обычно об экономической целесообразности новых разработок судят на основе прямых расчетов по существующим методикам определения экономической эффективности. Но в данном случае пришлось бы исходить из весьма неопределенных цен на специальные ядерные изделия и меняющихся цен на нефтепродукты, которые являются основными показателями модернизации скважинных технологий с помощью камуфлетных ядерных взрывов.

По американским данным[5], стоимость специальных ядерных изделий составляет 350—700 тыс. долл., что, видимо, близко к их истинной цене. Стоимость 1 т нефти на международном рынке колеблется (с тенденцией к повышению) от 200 до 400 долл. При таких исходных данных прямой расчет экономической эффективности новых технологий будет очень неточным. В этой связи нам представляется более разумным оценивать экономическую целесообразность использования камуфлетных ядерных взрывов, сравнивая энергетические показатели: затрачиваемую энергию (при взрыве) и получаемую (за счет дополнительно добытого топлива).

В натурных опытах при пробной эксплуатации стимулированных взрывом скважин на один взрыв было дополнительно получено в среднем около 100 тыс. т условного топлива[6]. Это не предел опробованных спецтехнологий — результат достигнут на промежуточной стадии отработки залежей. Однако и этот результат достаточно убедителен: он означает, что на указанных объектах уже получена более чем 10-кратная компенсация энергетических затрат. Это позволяет положительно оценивать экономическую целесообразность новых технологий и в денежном выражении.

При обычных оценках экономической эффективности новых разработок учитывается и нормативный срок окупаемости капитальных затрат (обычно пять-восемь лет). Принимая за основу минимальный срок и полагая, что стоимость одной стимулированной скважины (с учетом затрат на сооружение и эксплуатацию) не превысит 3—4 млн. долл., а действовать она будет 300 сут в год, оценим необходимую величину ее дебита при минимальной стоимости дополнительно добываемого топлива. Несложные расчеты показывают, что дополнительный дебит составит 12 т у. т./сут.

Итак, критерием экономической целесообразности внедряемых технологий можно признать следующие требования: за время работы по новой технологии должно быть дополнительно добыто не менее 100 тыс. т у.т. на один взрыв; установившийся прирост дебита стимулированных взрывом скважин должен быть не менее 12 т у.т./сут. Как показывают натурные эксперименты, такие требования вполне достижимы.

Теперь об экологической приемлемости камуфлетных ядерных взрывов, которая определяется прежде всего возможностью преодолеть их сейсмические и радиационные последствия. Опыт использования таких взрывов в условиях нефтяных и газовых месторождений показывает, что их мощность не должна превышать 20 кт, а глубина заложения заряда составляет от 1 до 4 км (именно на этих глубинах сосредоточены основные запасы природных углеводородов). Это позволяет обеспечить сейсмическую безопасность взрывов, подбирая их мощность в зависимости от глубины и географического положения залежи.

Радиационная безопасность также может быть достигнута. В уже упоминавшейся недавней публикации в «Природе» подробно рассказано, как удается обеспечить радиационную безопасность при проведении камуфлетных ядерных взрывов и освоении стимулированных ими скважин. Остается лишь один важный вопрос: как радиационная безопасность достигается в технологиях, предусматривающих отбор нефти и газа непосредственно из зон, преобразованных взрывом?

Чтобы на него ответить, вернемся к началу статьи, где описаны свойства преобразованной взрывом среды. Особенно важны свойства центральной зоны, в которой оказываются сосредоточены все радиоактивные продукты взрыва, а также промежуточной зоны, в пределах которой создается барьерное сопротивление на пути движения флюидов.

Особенности центральной зоны позволяют при отборе нефти и газа отделить притекающий в нее флюид, вести раздельную добычу компонентов, накапливать поступающую сюда пластовую воду, которая после контакта с радиоактивными продуктами становится основным источником опас-

---

[5] Применение подземных ядерных взрывов в нефтегазодобывающей промышленности. Обзор зарубежной литературы. М., 1971.

[6] Условное топливо (у. т.) — принятая при технико-экономических расчетах единица для сопоставления тепловой ценности различных видов органического топлива. Теплота сгорания 1 кг твердого у. т. (или 1 м^3 газообразного) — 7 тыс. ккал.

ности. Например, изучение распределения давления в системе «пласт-стимулированная скважина» на объекте «Нева» показало, что между продуктивным пластом и центральной зоной взрыва длительное время (годы) сохраняется пониженное давление. Эта разница, составившая на объекте «Нева» 5—10 атм, объясняется свойствами промежуточной зоны.

Правильно используя специфику преобразованной взрывом среды, удается обеспечить радиационную безопасность при извлечении природных углеводородов. Но это возможно только до заполнения центральной зоны попутной пластовой водой. После этого отбор полезных продуктов из нее прекращается, а объект становится надежным могильником загрязненной воды, который она самостоятельно (без принудительного нарушения барьерного сопротивления) покинуть не может.

Таким образом, чтобы обеспечить радиационную безопасность предлагаемых технологий, необходимо соблюдать два требования: во-первых, центр взрыва должен располагаться в самом продуктивном пласте, во-вторых, при отборе нефти и газа пластовые воды не должны покидать центральной зоны и, конечно же, не должны выноситься на земную поверхность.

Натурные эксперименты показали, что на всех объектах, где указанные требования соблюдались, была обеспечена радиационная безопасность добычи нефти и газа из стимулированных взрывом скважин. Это позволяет говорить об экологической приемлемости технологий, в основе которых лежит использование камуфлетных ядерных взрывов.

Итак, совершенствование скважинных технологий добычи нефти и газа с помощью камуфлетных ядерных взрывов — вполне решаемая задача. Перспективность выбранного направления подтверждается результатами опытно-промышленных работ как на отечественных, так и на зарубежных объектах. И если в дальнейшем энергетическая проблема будет решаться преимущественно за счет нефти и газа, такие работы заслуживают развития (конечно, при условии строгого международного контроля). Более того, эти мирные взрывы, можно рассматривать как альтернативный способ уничтожения ядерного оружия.

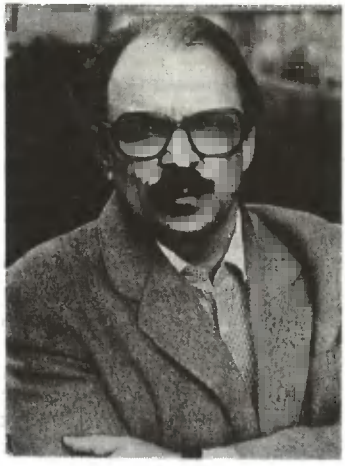
В АКАДЕМИИ НАУК СССР

Общее собрание АН СССР, состоявшееся 9—10 октября 1991 г. в Москве, приняло решение о сохранении единства Академии наук с возвращением ей названия и статуса Российской академии наук. Собрание сочло необходимым сохранить за академией статус независимой самоуправляемой организации, действующей на основании законов СССР, Российской Федерации и собственного устава. АН СССР примет активное участие в выборах членов Российской академии наук (РАН), создаваемой в соответствии с постановлением Верховного Совета РСФСР. В будущем предполагается объединение членов АН СССР с первоначальным составом РАН в единую Российскую академию наук. В декабре 1991 г. должно состояться первое общее собрание новой академии, которое определит ее организационную структуру, примет устав и выберет руководящие органы. Институты и учреждения АН СССР, расположенные на территории России, переходят в объединенную РАН.

Проблем у академии, как и у отечественной науки в целом, после этого решения, похоже, не убавится. Судьба фундаментальных исследований остается неясной. Мы рассчитываем вернуться к этой теме в ближайших номерах журнала.

Спираль истории агросферы

Б. М. Миркин



Борис Михайлович Миркин, доктор биологических наук, заслуженный деятель науки Башкортостана, профессор Башкирского государственного университета и руководитель работ по фитоценологии в Институте биологии Уральского отделения АН СССР. Круг научных интересов охватывает теоретические аспекты фитоценологии и агроэкологии, а также прикладные исследования по рациональному использованию естественных кормовых угодий и созданию долгоживущих продуктивных травяных сообществ, по экологической оптимизации агроэкосистем. Автор многих монографий, в числе которых: Теоретические основы современной фитоценологии. М., 1985; Растительные сообщества наших полей (в соавторстве с Ю. А. Злобиным). М., 1990; Экология естественных и сеяных лугов. М., 1991; Словарь-справочник по агрофитоценологии и луговедению (в соавторстве с А. М. Гродзинским, Ю. А. Злобиным, Л. Г. Наумовой). Киев, 1991. В «Природе» опубликовал статьи: Фитоценология в охране растительности (1988, № 7); Антропогенная эволюция растительности (1990, № 1).

ЧТО ЖДЕТ в будущем агросферу — часть биосферы, которую человек использует для сельскохозяйственного производства, уже сегодня доведенную им до кризиса? Сейчас пашней занято 10 % суши, сенокосами и пастбищами — еще 20; во многих районах планеты достигнут предел и дальнейшее увеличение доли агросферы невозможно, в некоторых — этот предел превышен. Однако народонаселение Земли увеличивается, растет и потребность в продуктах питания. Чтобы оценить будущее агросферы, нужно заглянуть в ее прошлое и проанализировать нынешнее состояние. Попробуем это сделать.

ИСТИНЫ, КОТОРЫЕ МЕНЯЮТ ОДЕЖДЫ

История агросферы неразрывно связана с развитием мысли как планетарного явления (в понимании В. И. Вернадского). Чем пристальнее мы всматриваемся в историю цивилизации и научной мысли, тем чаще обнаруживаем, что новое — это хорошо забытое старое. На признание всеобщего характера этого феномена строится концепция Дж. Холтона о сквозных научных темах[1]. Такие темы прорезают разные пласты истории науки и, сохраняя суть, меняют свои одежды, чем-то напоминая переселение душ в буддийской философии. Примеров такого «переселения» немало в любой науке, да и сама философия дает тому хорошие иллюстрации.

Античный космос (всеобщий порядок) с его неисчерпаемой сложностью и человеком как его частью лишь на время отступил перед классической наукой с идеологией Кеплера и Ньютона, считавшими возможным до конца познать мироздание, разложив его на элементы и объяснив их геометрией и механикой. Этот неумеренный оптимизм, дошедший до наших дней, И. Пригожин назвал попыткой науки подменить только что вытесненного ею из природы Бога[2].

[1] Холтон Дж. Тематический анализ науки. М., 1981.

[2] Пригожин И. Мы только начинаем понимать природу // Краткий миг торжества. М., 1989. С. 310—315.

Теперь душа античной философии переселилась в новое тело скептичной и плюралистичной современной науки, для которой знание открывает лишь новые горизонты познания. Человек оказался вовсе не таким уж эрудитом и тем более не столь мудрым и могущественным властелином природы, каким себя возомнил. Мы только начинаем понимать природу — это не только название статьи Пригожина, но и отражение действительности.

В истории агросферы просматриваются три сходных этапа. Разумеется, движущей силой были не рефлексии обобщения накапливаемого знания, а чисто материальные причины. На заре земледелия, когда 5 тыс. лет назад писался «Шумерский календарь» или у истоков новой эры сочиняли свои трактаты и поэмы о сельском хозяйстве римские прагматики Плиний Старший, Варрон и Колумелла, человечество еще было немногочисленным, техника — примитивной, энергетика — слабой (к мышцам рабов добавлялась лишь сила тяглового скота). Ограниченную площадь пашни можно было чередовать с восстанавливающейся на залеже естественной растительностью. Агросфера еще не угрожала целостности биосферы, у природы хватало сил самой залечивать раны, наносимые земледельцами и скотоводами. Человек и его хозяйство все еще оставались органичной частью биосферы.

Однако с ростом населения планеты и повышением энерговооруженности, влияние агросферы на биосферу усиливалось. До поры — до времени не только у практиков, но и у теоретиков сельского хозяйства это не вызывало предчувствия грядущего экологического кризиса. Автор теории кооперации в сельском хозяйстве А. В. Чаянов предлагал пожертвовать Аралом для превращения пустыни в цветущий сад[3]. Н. И. Вавилов, увлеченный идеей обновления видового и сортового состава выращиваемых на полях растений, видел возможность увеличения площади орошаемых земель в 20 раз, а всей пашни — в 2 раза![4]

Рождение генной инженерии и других биотехнологических методов и появление разнообразнейших средств химического контроля плотности нежелательных (часто только на первый взгляд!) спутников культурных растений дали «покорителям» новый импульс для утопической уверенности в безграничных возможностях человека, в его способности прокормить по крайней мере 20—30 млрд. людей, не разрушив природу. В этой эйфории покорения проглядывали все те же надежды, что мир можно объяснить и обратить эти объяснения в практику. «Синдром объяснения» через «синдром покорения» вел к «синдрому разрушения».

Именно в период, когда эйфория покорения достигла апогея и уже состоялась «зеленая революция» с переходом на интенсивные сорта с высокой урожайностью (и еще более высокой потребностью в энергии для их выращивания), наступило отрезвление. Стало очевидно, что биосфера уже не справляется с нарушениями, вносимыми покоренной частью — агросферой, а знаний явно не хватает, чтобы надежно прогнозировать последствия крупных вмешательств в природу.

Бурная эрозия почв, вторичное засоление, опустынивание и прочие беды, которые принесла интенсификация, показали, что дальнейшее следование в этом же направлении — путь к экологической катастрофе, библейскому концу света и агросфера внесет в них не меньший вклад, чем аварии на атомных станциях и самые экологически грязные химические производства. Идеология покорения менялась на поиск форм более осторожного и осмотрительного сотрудничества с природой.

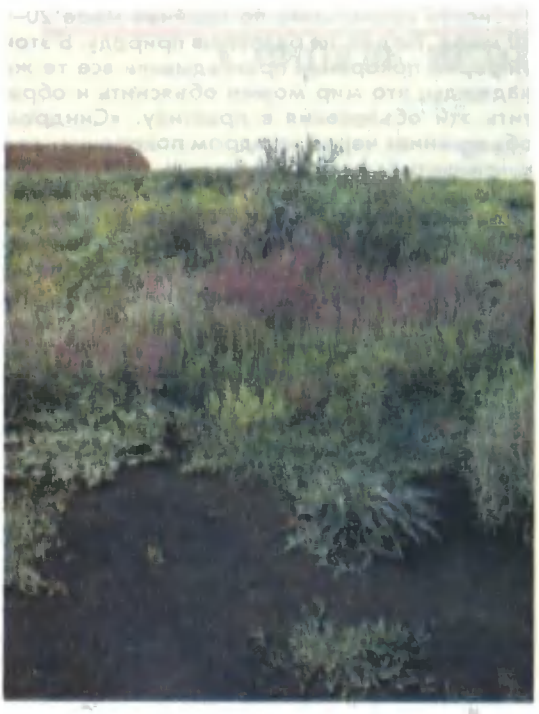
Появилась агроэкология как новая наука, преодолевшая ограниченность частных наук о сельском хозяйстве. В 1986 г. в Риме состоялся симпозиум «Вторая зеленая революция», акценты природопользования были смещены с покорения на сотрудничество с природой и активизацию ее биологического потенциала.

Увы, это отрезвление идет медленно, и тем не менее в последние 20 лет оно уже стало мощнейшим стимулом для развития агроэкологии. Если до этого «сатаной, правящим бал» была чистая экономика сиюминутных выгод, а советы экологов — гласом вопиющего в пустыне, то теперь пришло понимание, что утеря ресурсов оказывается часто дороже прибавки урожая или продуктов животноводства при интенсификации. Даже «троянский конь» цивилизации — всемогущая химия — в последние годы начинает менять свои одежды, стараясь не просто повысить урожай за счет удобрений и пестицидов, а не навредить при этом природе[5]. Экологические знания постепенно становятся органичной частью наук сельскохозяйственного цикла, более того, начинается их син-

[3] См.: Балязин Н. И. Профессор Александр Чаянов. М., 1990.

[4] Вавилов Н. И. Жизнь коротка, надо спешить. М., 1990.

[5] Экологические проблемы химизации в интенсивном земледелии. Тр. ВИУА. М., 1990.



Хранение скирд соломы может вызывать изменения в агроценозах, так как почва обогащается питательными веществами и заселяется сорняками. Чтобы восстановить естественный травостой в таких местах, сорняки нужно скашивать до образования семян. Фото К. Д. Стародуба

тез с экономикой в единую экологическую экономику[6].

АГРОЭКОСИСТЕМЫ: СОЦИАЛЬНОЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ

Агроэкосистема (территория, используемая по единому хозяйственному плану для производства сельскохозяйственной продукции) включает и преобразованный ландшафт с полями, лугами, лесами, реки и озера с болотцами вокруг них, выращиваемый скот и населенные пункты. Эти экосистемы создаются человеком, но в отличие от городских «гетеротрофных» (т. е. использующих энергию ископаемых источников, воды и АЭС) экосистем, агроэкосистемы «автотрофны». Их основной энергетический ресурс, как и в природе,— Солнце. Дополнительная же антропогенная энергия в общем бюджете составляет доли процента.

Накопленная растениями и связанная в органическом веществе солнечная энергия либо непосредственно используется человеком (в виде зерна, хлопка, овощей и т. д.), либо поступает к нему после переработки консументами — сельскохозяйственными животными. Таким образом, в агроэкосистеме функционируют три взаимосвязанных блока: поле, луг и скот. Скот служит «связным» между лугом и пашней, так как часть солнечной энергии, фиксированной лугом, с навозом попадает на поле и смягчает влияние на него человека, ежегодно отчуждающего с урожаем питательные элементы почвы. В условиях, где климат, рельеф и почвы неблагоприятны для земледелия, структура агроэкосистемы упрощается до двух блоков: луга и скота.

Принципиально та же трофическая структура и в естественных экосистемах: между биомассой растений-продуцентов, поедающих их травоядных и регулирующих численность последних плотоядных животных и паразитов устанавливается устойчивое равновесие. Часть мертвого вещества, необходимая для обеспечения устойчивости экосистемы, постоянно возвращается в круговорот редуцентами.

В агроэкосистемах соотношение блоков и их качественный состав регулирует человек. Стремясь извлечь максимальное количество полезной продукции — первичной растениеводческой и вторичной животноводческой, он спрямляет энергетические цепи, сокращает долю «бесполезной» продукции (спонтанно внедряющиеся сорняки, животные-вредители и т. д.). Даже виды культивируемых растений человек выбирает по их способности давать наибольшее количество только полезной биомассы (клубней, корней, колосьев), чем снижает возврат в почву элементов питания, образующихся при перегнивании пожнивных остатков.

Работой агроэкосистем человек управляет посредством энергетических субсидий. От их формы (удобрения, пестициды, полив, интенсивная обработка почвы, затраты на селекцию новых сортов), сочетания сиюминутных интересов (урожай сегодня) и ответственности за сохранение ресурсов для будущего зависит устойчивость этих систем.

«Агроэкосистема,— по словам Л. О. Карпачевского (почвоведа, редактора русского издания коллективной монографии американских авторов «Сельскохозяйственные экосистемы», видимо, лучшей из когда-либо издававшихся сводок по агроэкологии),— это, в первую очередь, социальная система, отражающая способы производства и характер организации общества»[7]. Чем совершеннее

[6] Подробнее см.: Миркин Б. М. Журнал по экологической экономике // Природа. 1990. № 9. С. 120.

[7] Сельскохозяйственные системы. М., 1987. С. 5.

Структура агроэкосистем

Компонента	Этап истории агросферы		
	экстенсивный	интенсивный	адаптивный
Общее биологическое разнообразие	+++	+	++
Агроценозы	+	+++	++
Естественные кормовые угодья	+++	+	++
Ремизы (леса и прочие фрагменты естественной растительности)	+++	+	++
Лесопосадки	—	—	+ ++
Скот	+++	+	++

социальная система, тем активнее она стремится к устойчивым агроэкосистемам, в которых поддерживается баланс питательных элементов и гумуса в почвах, продуктивность и видовое разнообразие пастбищ, качество воды, воздуха и т. д. Такая экосистема менее подвержена рискованным экспериментам крупных вмешательств в природу.

Чтобы показать это, рассмотрим подробнее особенности каждого из трех этапов истории агросферы.

ЭТАП ПЕРВЫЙ: ЭКСТЕНСИВНЫЕ (СТИХИЙНО-РАВНОВЕСНЫЕ) ЭКОСИСТЕМЫ

История агросферы открывается очагами земледельческой культуры в Передней Азии, на Американском континенте, в долине Нила, Междуречье Тигра и Евфрата, Индии и Китае (Вавилов установил, что земледелие возникло в горах и затем спустилось в речные долины). На горных осыпях жили предки большинства современных культурных растений, там было проще обрабатывать почву: разрушать дернину степей человеку в это время было не под силу. Выращивалось множество растений, причем не только злаков, но и корнеплодов — простых в культуре и хорошо сохранявшихся в почве. Сами культурные растения представляли собой пестрые популяции, т. е. были смесями экотипов (экологических вариантов), и потому обладали запасом прочности: в сухой год давала урожай одна часть популяции, во влажный — другая. Эти популяции не были рекордсменами урожаев, но отличались высокой надежностью.

Культурные растения некоторое время противостояли сорнякам, которые, размножившись, заставляли забрасывать пашню, и та зарастала естественной растительностью.

Поле подсолнечника в лесостепной зоне. Из семян этой культуры получают масло, а незагрубевшая зеленая масса идет на силос. Кроме того, такие поля привлекают пчел и других полезных насекомых, усиливающих полезные симбиотические связи в экосистеме. Однако подсолнечник нуждается в большом количестве органоминеральных удобрений, без которых почва теряет плодородие.

Сравнительно небольшая площадь пашни, наличие естественной растительности и ее посланцев — сорняков — удерживало агроэкосистемы в состоянии хотя бы относительной стабильности. Если исключить налеты саранчи, не было нужды бороться с вредными насекомыми и грибковыми болезнями на полях с разнообразными растениями, так как нередко выращивалась смесь злаковых культур, да и засоренность была высокой. Поэтому многолик был подземный и наземный мир животных, поедавших разные растения и друг друга. Существовала близкая к естественной система полезных симбиотических связей с достаточно выраженной саморегуляцией: массово размножившихся вредителей съедали прожорливые насекомые хищники, птицы или поражали болезни и паразиты.

Однако такая примитивная гармония начала приходить в упадок по мере того, как росла площадь пашни, сокращалась доля естественной растительности, а техника становилась все мощнее, что позволяло подавлять сорняки и дольше использовать поля.

Развивающееся товарное хозяйство диктовало свои условия, и на поля пришла монокультура: выращивались растения, коммерчески наиболее выгодные. В недрах экстенсивного хозяйства зрели пороки интенсивной системы.

Именно в этот период на горизонте агрономической науки вспыхивает ярчайшая звезда А. Т. Болотова (1738—1833) — представителя той волны европеизированного просвещения, которую поднял Петр I и подхватила Екатерина II. Управляющим ее имениями и был этот удивительно прозорливый человек. Морфолог растений, помолог (специалист по яблоневым), демограф (изучал культурные растения на популяционном уровне), противник господствовавшей тогда «водяной теории питания растений», пропагандист системы К. Линнея — вот далеко не полный перечень сфер деятельности Болотова[8]. Он был и агроэкологом.

Не используя понятий экологии — экосистема, трофические связи, циклы элементов питания — Болотов понял взаимозависимость блоков пашни, луга и скота и эмпирически нашел их оптимальное соотношение для обеспечения высокого урожая и сохранения почв. На каждую десятину пашни, считал он, нужно иметь не менее двух коров, чтобы навоз должным образом собранный и сохраненный, поддерживал высокое плодородие почвы. Соответственно поголовью должна быть и площадь лугов — для заготовки сена и пастьбы. Теперешний вариант агроэкосистемы, в котором корма получают преимущественно с пашни, да еще в форме зерна, Болотову в его мудрую голову не приходил. Он допускал лишь умеренный выпас по озими в начале лета или по стерне после уборки урожая.

Болотов считал бесполезным вносить навоз на «худые» земли, ибо так нельзя было существенно повысить их плодородие; рассредоточивал крестьянские дворы, чтобы меньше энергии тратить на транспортировку навоза и т. д. Поразительно, что под влиянием его идей А. В. Суворов, отправляясь в свой последний поход, оставил наставление управляющему имением «запускать в луга» любую десятину, на которую не вносится навоз, и до его возвращения не резать ни одной головы скота. Эти мудрые земледельцы считали навоз одним из важнейших продуктов животноводства. Однако Болотов, чьи идеи намного опередили время, все же не был принят обществом потребителей, жаждавших, как и мы, сегодня получить доход от земли. Его идеи не возымели влияния.

[8] Болотов А. Т. Избранные труды. М., 1988.

Антропогенное давление на агросферу усиливалось, на смену деревянным сохам пришли железные плуги, которые оборачивали пласт и, по словам замечательного агронома А. И. Овсинского, принесли вреда больше, чем пушки Крупа[9]. Дисгармония между биосферой и агросферой росла, наступал следующий этап ее развития.

ЭТАП ВТОРОЙ: ИНТЕНСИВНЫЕ АГРОЭКОСИСТЕМЫ

Штурм природы в развитых странах и их колониях (а затем условно независимых странах) шел массированно, ее богатства экспроприировались арсеналом могучей индустриальной технологии сельскохозяйственного производства.

Плуги на тракторной тяге, положа верхний слой почвы «на попа», ставили в одинаково невыгодные условия и анаэробные организмы, для которых воздуха оказывалось слишком много, и аэробные — обитавшие в хорошо аэрированной почве, но теперь сброшенные на дно борозды и похороненные под пластом земли. Почва теряла естественное биологическое плодородие.

Резко выросли площади пашни, широко распространилась монокультура, оправдываемая циничным лозунгом американских фермеров, «здоровая экономика — больной севооборот». Началось повсеместное уничтожение лесов — каркаса ландшафта, в какой-то мере стабилизировавшего его гидрологический режим, препятствовавшего эрозии и фильтровавшего воды, загрязненные химикатами, поступающими с полей. Падала водность рек, исчезали хрустальные ручьи, через которые лес возвращал впитанную влагу.

Распахивая луга, человек не спешил, однако, сократить поголовье скота, и перевыпас стал бичом природы глобального масштаба: на склонах гор ослаблялась дернина травостоев, что стимулировало эрозию почв, и продуктивность пастбищ уменьшалась.

Обеднялся мир растений и животных, для которых оставалось все меньше места, да и в резерватах их настигала всемогущая химия — химическая обработка полей велась с самолетов. Умолкал птичий гомон и стрекот кузнечиков, затихали лягушки на позеленевших от смытых в озера и пруды удобрений и пестицидов.

За снижение естественного плодородия почв человек щедро платил удобрением и поливом, вывел особые сорта, которые

[9] См.: Скорняков С. М. Плуг, крушение традиций? М., 1989.

Элементы систем земледелия

Элемент	Этап истории агросферы		
	экстенсивный	интенсивный	адаптивный
Механическая обработка почвы	++	+++	+
Севооборот	++	+	+++
Многолетние травы	+	—	+++
Залежь	++	—	—
Сидерация	—	—	+++
Полезащитное лесоразведение	—	+	+++
Органические удобрения	+++	+	+++
Минеральные удобрения	—	+++	++
Орошение	—	+++	+
Биологическая азотфиксация	++	+	+++
Биологическая защита	+++	—	+++
Пары чистые	++	—	++
Пары занятые	—	++	++

Характеристики агроценозов

Признак	Этап истории агросферы		
	экстенсивный	интенсивный	адаптивный
Разнообразие видов	+++	+	++
Разнообразие сортов	+	+++	++
Величина ареала культурных видов	+	+++	++
Устойчивость к вредителям и болезням	+++	+	++
Конкурентная мощность	++	+	+++
Монокультура	—	+++	+
Сортосмеси (или гетерогенные сорта)	+++	+	++
Смешанные посевы	++	+	++
Участие и разнообразие сорных видов	+++	+	++

давали высокий урожай, но только в идеальных условиях. Энергетические субсидии росли, каждый новый центнер зерна или картофеля обходился все дороже. Однако просто расплатиться энергией за покорение не удалось. Высокие дозы минеральных удобрений усиливали минерализацию гумуса, тучные черноземы превращались во вторичные бесструктурные «агроземы» с изрядно посветлевшим и тонким гумусовым слоем. Еще губительнее на черноземах проявился полив, приведший почву Украины и Кубани к бесплодию за 7—10 лет[10].

Эффективность химических средств защиты растений тоже не оправдала надежды: насекомые приспосабливались к ним быстрее, чем химики придумывали новые вещества, а производства их синтезировали. Генетически пестрые популяции сорняков содержали экотипы, преадаптированные к гербицидам, а потому если гербицидный контроль и сокращал число сорных видов, то оставшиеся так массово размножались, что засоренность не снижалась, а увеличивалась. Человек постоянно проигрывал в борьбе с вредителями и сорняками. Сам же оказался неприспособленным к нитратам, хлору, ртути и другим веществам, которые стал получать с пищей, водой и воздухом, на него обрушились болезни. Природа мстила за нарушение гармонии.

Способ производства и организации общества, который сформировался в нашей стране, отозвался на природе особенно пагубно. При интенсивном развитии агросферы в капиталистических странах действовал закон убывания энергетической емкости[11]. У нас же вложения энергии за последние 20 лет увеличились в четыре — шесть раз, но урожайность не повысилась: зерновые дают в среднем 15—18 ц/га (в США — 35, ФРГ — 55!). Дорогостоящая мелиорация стала не спасительной, а губительной. Только на Украине каждые три года из-за мелиорации, эрозии почв и отчуждения земель под промышленное строительство (особенно под добычу полезных ископаемых открытым способом) теряется миллион гектаров ценнейших черноземов[12]. У нас, в Башкирии, эродировано около половины пахотного фонда, урожай на таких полях вдвое меньше, чем на ненарушенных.

Можно ли продолжать интенсификацию сельского хозяйства в СССР? Мы ведь и нынче, не получая высоких урожаев, теряем невосполнимые ресурсы — гумус и воду. У нас и так уже проявился новый закон — нулевого эффекта энергетических субсидий, в народе именуемый «не в коня корм». Мир, оценив ужасающие последствия покорения природы, уже идет к экологической стратегии в сельском хозяйстве, и СССР — не исключение.

[10] Оптимизация использования и охраны земельных ресурсов. Киев, 1989; Тюрюканов А. Н. О чем говорят и молчат почвы. М., 1990.

[11] Реймерс Н. Ф. Природопользование. Словарь-справочник. М., 1990.

[12] Жученко А. А. // С.-х. биология. 1989. № 1. С. 3—17.

Создание искусственных водохранилищ сопровождается эрозией берегов.
Здесь и далее фото Т. Л. Андриенко

ЭТАП ТРЕТИЙ: АДАПТИВНЫЕ АГРОЭКОСИСТЕМЫ

На этом этапе истории агросферы, в который только вступает человечество, оно начинает сотрудничать с природой, стремясь превратить агроэкосистемы в адаптивные. Такие экосистемы можно уподобить сельскохозяйственным фермам, основанным на... здравом смысле, т. е. на возделывании растений, наиболее приспособленных к конкретной среде и климату, обладающих максимально высоким КПД по переработке неисчерпаемой и бесплатной солнечной энергии[13].

Растениеводство адаптивных агроэкосистем ведется по принципам сбережения ресурсов и энергии за счет нескольких механизмов. Первый из них — правильное размещение культур, скажем, замена пшеницы в южной части ее ареала на сорго (высоко оценивая сорго, Вавилов называл его «верблюдом растительного мира»), а в северной — рожью. Культура, приспособленная к местным условиям, лучше отзывается на удобрение, меньше засоряется сорняками и болеет. В пределах культуры (вида) более тонкая адаптивная подгонка идет уже за счет селекции сортов, причем не рекордсменов по урожайности, а сортов-тружеников, у которых несколько ниже продуктивный потенциал, но выше адаптивный — способность давать урожай, пусть средний, в умеренно благоприятных условиях[14]. Замечу, такой пашни с дефицитом тепла и влаги в нашей стране 70 %!

Правильно размещать культуры нужно и в каждом отдельном хозяйстве, так как почвы даже сходных агроландшафтов очень часто различаются свойствами. И поля должны нарезаться не геометрически правильными, а с учетом природных границ рельефа и почв (это так называемое контурно-мелиоративное земледелие[15]).

Еще один механизм адаптивного растениеводства — посевы смесей сортов и видов. В таких смешанных агроценозах если и не достигается эффект взаимного усиления культур, то по крайней мере снижается внутрисортовая (видовая) конкуренция, благодаря чему образуются плотные посевы, в которых сорнякам не находится места. Подобрать компоненты смесей — задача сложная и тонкая, но ныне уже развиваются специальные направления селекции для выведения видов и сортов с дополняющими друг друга свойствами.

Селекцией же могут быть усилены «средства самообороны» культурных растений от сорняков, насекомых-вредителей и грибковых болезней. Кстати, уничтожать сорняки до единого нет и необходимости, некоторая их примесь даже полезна полю, поскольку они усиливают биогеохимический

[13] Жученко А. А. Адаптивное растениеводство. Кишинев, 1990.

[14] Аццци Дж. Сельскохозяйственная экология. М., 1959.

[15] Котлярова О. Г. // Земледелие. 1990. № 6. С. 35—38.

Пойменные луга, превращенные в выгон. Из-за перевыпаса такие агросистемы деградируют — на смену ценным злакам приходит малоценное пастбищное низкотравье, продуктивность лугов падает в пять-шесть раз и качество зеленой массы резко ухудшается.

обмен с более глубокими слоями почвы, перегнивая, образуют «депо» удобрений, защищают почву от эрозии, благоприятно влияют на микроорганизмы и животных биоценоза. Полезна и деятельность листогрызущих насекомых: осветление полога листьев усиливает фотосинтез их основной массы, да и отрастание новых частей вместо съеденных запрограммировано в растениях. Необходимо лишь контролировать плотность популяции сорных видов и насекомых, причем для этого химические средства должны быть лишь «пожарной мерой». Если не вспахивать окраины полей, не обрабатывать пестицидами примыкающие к ним 10—20-метровые полосы посевов и сохранять разного рода ремизы — убежища полезных насекомых (куртины кустарников, овражки, перелески и т. д.), на поле восстанавливается система полезных симбиотических связей между культурными растениями и сорняками, насекомыми-фитофагами и паразитами, появляются почвенные организмы (дождевые черви и другие), которые ускоряют разложение пожнивных остатков. Эта система сама охраняет себя от резкого повышения численности одного из компонентов. Но если все же потребуется корректировка, можно использовать различные приемы биологической защиты — вселить насекомых-наездников, внести споры патогенных грибов (фактически микогербицидов) и т. д.

Таким образом, в адаптивной системе

Мак-самосейка — сорняк в посевах зерновых Черноземной зоны. Сорные растения в агроценозах — неизбежные спутники культурных растений, но если затраты на прополку невелики, сорняки не опасны для полей, а даже полезны.

смягчается конфликт агросферы с биосферой, но не за счет природных сил, как в экстенсивной системе, а благодаря разуму. Агросфера должна прийти в равновесие и с комплексом природных факторов, и с воздействием человека, более слабым, чем в интенсивной системе.

Призывы «зеленых» к органическому земледелию и полному отказу от химических средств защиты и минеральных удобрений, от плугов, чистых паров и т. д. вряд ли реализуемы. Органическое земледелие

без минеральных добавок малопродуктивно и потому возможно на небольших площадях и в специальных целях, скажем, для обеспечения экологически чистыми продуктами детских больниц, санаториев. Достаточно чистые продукты можно получать и при разумном применении минеральных удобрений. Например, в салате или луке будет меньше нитратов, если этим травам обеспечить оптимум освещенности, т. е. просто не загущать посевы, особенно в зимних полутемных теплицах; вносить удобрения и навоз одновременно. Немалую роль могут сыграть и новые препараты, ингибирующие нитрификацию, или аммонийные формы азотных удобрений. Содержание нитратов можно снизить также селекцией на «антинитратность»[16].

Невысокие дозы азотных удобрений вместе с навозом или соломой (ее преступно сжигать или увозить с полей, это ведь органическое удобрение!) не только повышают урожай, но и помогают устранить дефицит азота. Фосфор, увы, только вывозится с поля с урожаем, поэтому без фосфорных удобрений и в адаптивном растениеводстве не обойтись.

В большинстве случаев нет нужды в регулярной вспашке плугами: безотвальная и минимальная (с поверхностным рыхлением) обработка или даже нулевая и экономически выгоднее, и экологически безопаснее. Но опять-таки, полностью отказаться от отвальной вспашки нельзя, периодически она нужна, чтобы запахать навоз, солому или сидеральные растения (специально выращиваемые на полях для обогащения органикой почвы), разделать пласт многолетних трав и т. д. Оставлять пары чистыми всегда или занимать их — зависит от условий: если осадков достаточно, держать почву «голой» нет необходимости, так как за счет минерализации почвы и активизировавшейся эрозии питательные элементы расходуются постоянно. Лучше пар занять сидеральными растениями. Но при недостатке влаги занятый пар «выпьет» воду, нужную следующей за ним культуре. В сухом климате у чистого пара нет альтернативы.

Адаптивный подход необходим при оптимизации агроландшафтов, определении доли пашни и схемы мелиорации, выборе севооборотов, сортов растений, разработке системы контроля сорняков и насекомых-вредителей — в любом сельскохозяйственном деле.

Двадцать процентов суши, которые заняты сейчас под сенокосы и пастбища, конечно, и далее следует использовать для животноводства, но характер его, похоже, изменится. В особо ранимых экосистемах можно вести природосохраняющее животноводство на основе диких животных — оленей в тундре и разных видов копытных (антилопы, зебра, жираф и т. д.) в африканских саваннах. Здесь они могут без ущерба экосистеме давать в семь раз больше мяса, чем тяжеловесные и не адаптированные к условиям европейские коровы[17].

В правильно спланированном и грамотно используемом лесоаграрном ландшафте без вреда для растениеводства можно получать немало ценнейшего мяса промысловых животных и птиц (зайцы, куропатки, перепела), которые у нас почти полностью гибнут под ножами комбайнов и от неумелого применения пестицидов, но многочисленны в агроэкосистемах Швеции, Польши, Чехословакии.

В развитых странах потребление удобрений и пестицидов уже устойчиво снижается, внесение питательных элементов сбалансировано с их выносом, а площади пашни давно не расширяются, а сокращаются (в США за последние 20 лет — на 20 %). У нас же буквально на асфальте, без обеспечения дешевыми кормами строится животноводческий гигант, стоки которого без должной обработки отравляют ближайшие водоемы; распахиваются склоны, которые тут же краснеют от выступившей на поверхности глины; тощий скот содержится на пастбище, пока зеленый покров не будет выбит до черной земли; энергоемких овощей мы выращиваем много больше, чем можем сохранить; количество дорогостоящих пестицидов спускается «сверху» по плану, а не по необходимости хозяйства; оросительные системы строятся там, где в них нет особой нужды. Столь удручающее положение связано с тем, что ресурсы не имеют ни цены, ни хозяина, это и есть результат способа производства и характера организации нашего общества.

Необходимость перейти от интенсивной системы сельского хозяйства к адаптивной видна, казалось бы, каждому здравомыслящему человеку (структура агроэкосистем, элементы систем земледелия и признаки агроценозов на разных этапах истории агросферы приведены в таблицах). Но об охране ресурсов и устойчивых агроэкосистемах

[16] Пругар Я., Пругарова А. Избыточный азот в овощах. М., 1990.

[17] Спурр С. Г., Бернес Б. В. Лесная экология. М., 1984.

с заданными свойствами[18] в ВАСХНИЛ только ведутся разговоры, а сокращение площади пашни даже не обсуждается. Похоже, «синдром освоения» продолжает властвовать умами. Оптимизация агроэкосистем на основе баланса питательных элементов, соответствия поголовья скота и производимых кормов — первый и необходимый шаг к адаптивным агроэкосистемам. Нужно вспомнить подходы Болотова, осознать, что агроэкосистема — это единый организм, который нельзя лечить по частям, выхватывая то один, то другой орган.

Обосновать оптимальную структуру агроэкосистемы, в которой были бы сбалансированы циклы «почва — растения» и «растения — скот» и которая давала бы доход,— задача сложная, требующая объединенных усилий разных специалистов, «горящих» одной агроэкологической идеей. Поиск в этом направлении ведется в ряде научных учреждений, в Уфе, например, за счет средств Госкомприроды Башкортостана создан временный трудовой коллектив из наиболее компетентных почвоведов, агрономов, геоботаников и математика-программиста. Пакет программ для составления экологического паспорта хозяйств, т. е. параметров сбалансированных агроэкосистем для разных природных условий, буквально «на выходе». Аналогичные задачи решают и ученые Казани, создавшие агрофирму «Татагроэко»[19].

Конечно, ведение сельского хозяйства по принципам сотрудничества с природой может вызвать сокращение производства некоторых продуктов, но резервы ресурсов пропитания в нашей стране огромны: в «битвах за урожай» мы теряем не менее половины выращенного, а картофеля — до двух третей!

Животноводство может развиваться только при хорошем обеспечении кормами, но чтобы снизить его энергоемкость, придется отказаться от их производства на пашне (конечно, не полностью). Ясно, что мясное меню станет скуднее и наш стол придется пополнить растительной пищей. Вегетарианство у нас не распространено, но, как показывает история и современность, растительная пища вполне обеспечивает физиологические потребности организма человека. К тому же такое растение, как соя, содержит больше жира и белка, чем говядина, нам нужно только научиться выращивать и перерабатывать эту уникальную культуру.

В развитых странах возник устойчивый спрос на любые идеи, которые можно с пользой применить в сельском хозяйстве. Так, идет активный поиск способов «биологизации» почвы. Дождевых червей, ее структурообразователей и аэраторов, сегодня выращивают на «фермах», причем для разных почв — свой вид или виды. Накоплен опыт по переработке червями навоза близ таких ферм в специальных хранилищах, где за год масса его уменьшается во много раз. Органическое вещество концентрируется, а значит экономится энергия на транспортировку.

В нашей же стране агроэкология пока представлена разрозненными исследованиями энтузиастов, не имеет ни специальной программы в академических планах, ни подобающего научного института, ни своего журнала. При таком положении очень трудно объединить усилия специалистов разных профилей для комплексного изучения агроэкосистем.

Возможно, часть статьи, обращенная в завтра, покажется слишком оптимистичной, особенно после описания (далеко не полного) последствий проявления синдромов покорения и разрушения. Тем не менее я склонен присоединиться к У. Джексону, который так заканчивает упомянутую уже книгу «Сельскохозяйственные экосистемы»: «...если разлад с природой начался с сельского хозяйства, то пусть с него же начнется приближение к гармонии».

Разумеется, эти слова могут быть восприняты в нашей стране только в том случае, если произойдут назревшие изменения социальной сферы в сельском хозяйстве, если у компонентов агроэкосистемы появятся хозяин и стоимость.

---

[18] Каштанов А. Н. // Вестн. АН СССР. 1988. № 11. С. 57—63.

[19] Шакиров Ф. Х. // Экологические проблемы охраны живой природы. Тез. докл. Всесоюзн. конф. М., 1990. С. 9—99.

У истоков цивилизаций Западной Азии

Ю. Е. Березкин,
кандидат исторических наук
А. К. Каспаров
Институт истории материальной культуры АН СССР
Санкт-Петербург

ДЖЕЙТУН — занесенный песком и поросший кустарником холмик в 30 км к северу от Ашхабада. Ирригаторы, проложившие у его подножия канаву, вряд ли подозревали, что могли уничтожить самое раннее из известных науке оседло-земледельческих поселений Средней Азии, а может быть, и всего Среднего Востока. Предполагается, что люди пришли на Джейтун в конце VII—VI тысячелетии до н. э. (более точный возраст даст радиоуглеродный анализ отобранных образцов). Другие памятники джейтунской культуры цепочкой тянутся у северных отрогов Копетдага. Сходные материалы найдены в иранском Хорасане и дальше на юго-запад, видимо, до районов к югу от Тегерана. Именно от джейтунцев в той или иной мере ведут родословную все последующие культуры и цивилизации северо-восточного Ирана и Средней Азии.

Археологи исследовали неолитические поселения южной Туркмении в 50—70-х годах. И вот в 1989 г. группа ленинградских специалистов под руководством В. М. Массона (ранее раскопавшего верхние слои Джейтуна и раскрывшего значение этого памятника[1]) снова отправилась туда вместе с палеоботаниками и почвоведами из Лондонского университета во главе с директором Института археологии Дж. Харрисом. Перед экспедицией стояла задача — углубиться в наиболее древние, почти не изученные слои и современными средствами и методами реконструировать хозяйство джейтунцев. Проведение работ поддержала АН Туркмении-

Кусты и карликовые деревца солянки и кандыма удерживают пески. Уничтожив подобную растительность, древние земледельцы и скотоводы могли серьезно нарушить природное равновесие.

Фото Ю. Е. Березкина

стана: для оценки перспектив развития республики важно было знать, началась ли деградация природной среды здесь сравнительно недавно или уже первые земледельцы и пастухи внесли в это свой вклад.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ДЖЕЙТУНЦЕВ НА ПРИРОДУ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

В позднем палеолите юг Туркмении оставался почти безлюдным, но когда климат стал менее засушлив, похоже, именно джейтунцы первыми ступили на прикопетдагскую равнину.

Как и сегодня, 8—10 тыс. лет назад южная окраина Каракумов представляла собой не пустыню в привычном понимании, а скорее очень сухую саванну, поросшую кустами солянки и кандыма. Травяной покров был достаточно обилен для многочисленных стад антилоп-джейранов. Под сенью карагачей, тополей и кленов, в зарослях камыша тек ручей, где водилась рыба. В камышах прятались кабаны, за ними охотился тигр. Хватало добычи и диким котам. По вечерам в воздухе висели тучи комаров и москитов — пища летучих мышей. Джейтунцы нашли такое окружение подходящим и надолго обосновались здесь.

Образ жизни обитателей неолитического поселка воссоздан на основе обследования развалин жилищ, изучения орудий труда, костей животных и остатков растений, которым было уделено особое внимание.

При периодическом увлажнении и высыхании сохраняется только органика, подвергшаяся воздействию огня. Само по себе извлечение из культурного слоя обугленных семян или колосков несложно: грунт взбалтывают в воде, взвесь пропускают сквозь сита с ячейками разных размеров и сушат. Есть в СССР и специалисты, способные определить вид семян, однако сотрудничество с английскими коллегами намного рас-

[1] Массон В. М. Поселение Джейтун. Л., 1971.

ширило наши возможности. За годы раскопок на археологических памятниках Ближнего Востока ученые Великобритании разработали методики, позволяющие тщательно разобраться в том, каковы были условия выращивания, сбора и обработки урожая в древности. С помощью спроектированной англичанами машины удалось промыть гораздо больше грунта, чем это делается обычно вручную, а изучение образцов в английских лабораториях позволило повысить надежность заключений.

Анализируя палеоботанические образцы, Г. Хиллман и М. Чарлз установили ряд существенных обстоятельств. Так, оказалось, что у джейтунцев почти не было хвороста или дров, и они топили кизяком, дающим много дыма и мало калорий. Видимо, люди быстро уничтожили вокруг жилищ древесно-кустарниковую растительность, так что столкновение джейтунцев с природой с самого начала пошло ей не на пользу. Пока, правда, нет оснований думать, что барханы, среди которых пробивает себе путь ручей Карасу, образовались под влиянием человеческой деятельности. Почвовед С. Лимбри считает, что гряды надувного песка к северу, югу и западу от Джейтуна образовались раньше, чем были построены джейтунские дома.

Исследование обугленных семян под микроскопом выявило преобладание среди культурных злаков пшеницы-однозернянки (джейтунцы сеяли и ячмень), другие же известные ранним земледельцам Западной Азии виды пшениц не имели в хозяйстве большого значения. Предпочтение однозернянки выделяет Джейтун среди остальных культур региона. Если бы обитатели окраины Каракумов являлись прямыми потомками первых земледельцев южных районов Передней Азии, они выращивали бы в основном двузернянку, или полбу. Будь они связаны с создателями древнейших земледельческих культур юго-восточных окраин Иранского плато, на их полях колосились бы мягкие и карликовые пшеницы — те, что, кстати, преобладали в подгорной полосе Копетдага в IV—III тысячелетиях до н. э. Поскольку дикий

Почва по берегам текущего рядом с Джейтуном ручья покрыта соляной коркой.

предок однозернянки не растет в Хорасане, а занимает более западный (малоазийско-кавказско-ближневосточный) ареал, похоже, джейтунцы именно оттуда принесли (или заимствовали) навыки земледелия.

Квадратные в плане однокомнатные дома джейтунцев сделаны из батонообразных сырцовых кирпичей, в которых глина смешана с рубленой соломой. Отпечатки соломинок показывают, что в дело шли только средние части стеблей. Прежде чем начать жатву, земледельцы, видимо, срезали отдельно колосья, из-за чего верхи стеблей в солому уже не попадали. При подобной обработке зерно меньше засоряется семенами сорняков — более низкорослых, чем ячмень и пшеница. Но хотя двойная жатва и находит рациональное объяснение, она все же достаточно необычна и еще больше подчеркивает своеобразие джейтунской земледельческой традиции.

Несмотря на все ухищрения, часть сорных семян все же смешивалась с зерном. Благодаря этому удалось установить, где располагались поля джейтунцев. Долго предполагалось, что первые земледельцы Западной Азии бросали семена во влажную землю после разли-

Выходы аллювиальных глинистых наносов среди песков. На тех участках, где уровень грунтовых вод оказывался достаточно высоким, вероятно, располагались поля джейтунцев.

ва ручьев. Лимбри считает эту реконструкцию ошибочной, и материалы с Джейтуна ее точку зрения подтвердили. Неолитические земледельцы сеяли озимые злаки и, следовательно, должны были использовать для орошения осенний дождевой паводок. Однако такой сев рискован, ибо более сильный весенний паводок мог легко смыть еще слабые всходы. Поэтому древнейшие поля должны были располагаться не на заливных поймах, а на участках с высоким уровнем грунтовых вод. Подобные участки подвержены засолению, и лишь немногие виды растений способны на них расти. Наблюдениями установлено, что на полях с высоким уровнем подпочвенных вод среди сорняков преобладает камыш. Именно его семена и оказались в собранных на поселении образцах. Статистический анализ показал, что семена камыша всегда попадали в слой вместе с зернами культурных злаков. Кстати, предпочтение пшеницы-однозернянки тоже отчасти объяснимо ее устойчивостью к засолению.

ПАСТУХИ И ОХОТНИКИ

В Западной Азии люди научились выращивать злаки раньше, чем разводить домашних животных. В Палестине и Сирии примерно до конца VIII тысячелетия до н. э. потребности в мясе удовлетворялись исключительно за счет охоты. Скотоводство джейтунцев тоже нельзя назвать развитым, но оно и не могло быть иным, учитывая древность культуры.

Остатки овец и коз составляют чуть больше 16 % общего количества найденных на поселении определимых костей, а коров и верблюдов джейтунцы вовсе не знали. По некоторым признакам удалось установить время забоя коз и овец в течение года. Для этого измерялась высота коронки четвертого молочного зуба, который прорезается у ягнят и козлят после рождения и выпадает, постепенно стираясь, через 18—24 мес. Зная, что ягнята и козлята обычно рождаются в марте, по степени стертости зубов можно определить, что овец в основном забивали с августа по ноябрь, а коз — в марте и мае — июне. Поскольку именно в мае-июне должны были поспевать хлеба, второй пик смертности у коз, скорее всего, связан с каким-нибудь праздником урожая. Если джейтунцы, кроме озимых, сеяли и яровые культуры (о чем, впрочем, нет прямых данных), праздником, видимо, сопровождался и сев.

Джейтунцы держали собак, которые размерами уступали немецкой овчарке, но были крупнее большинства пород неолитического времени, не превышавших по величине лайку. Анализ костных остатков, сохранившихся в копролитах собак, позволил определить их рацион. Найдены обломки ребер и позвонков антилоп, овец или коз, осколки их фаланг, фрагменты нижних частей метаподий. Кроме того, обнаружены обломки костей каких-то более мелких млекопитающих, вероятно зайцев и лис, возможно также — костей птиц. Зато не найдено остатков грызунов или пресмыкающихся. Все это означает, что собаки не утруждали себя поисками добычи, а питались тем, что оставляли им люди: наименее ценными в кулинарном отношении нижними частями конечностей домашних и диких животных, а также разными объедками со стола. Собакам могли бросать и тушки пушных зверей.

Судя по тому, что погрызенные собаками кости встречаются везде, кроме жилых помещений, бегали они на свободе, а не содержались на привязи.

Хотя мы видим в джейтунцах первых земледельцев и скотоводов Средней Азии, сами они, скорее всего, называли себя охотниками. У многих народов, которых довелось изучать этнографам, именно охота считалась наиболее престижным и важным занятием независимо от ее подлинного вклада в хозяйство. Что же касается неолитических обитателей южной Туркмении, то они, несомненно, ели мясо диких животных чаще, чем домашних. При этом регулярное потребление мяса было для джейтунцев более необходимо, чем для их современников в Передней Азии, где люди помимо злаков выращивали богатые белками бобовые. За два года раскопок на Джейтуне найдено около тысячи костей джейрана. Как же первобытные охотники настигали этих быстроногих антилоп?

Летавшие над каменистыми пустынями Сирии и Иордании летчики давно обращали внимание на остатки странных сооружений: длинные, до километра и более, линии сходятся под углом 30—45°, заканчиваясь в месте соединения круглой площадкой. Лишь спустя годы стало ясно, что это — загоны, ловушки для джейранов, весной и осенью мигрировавших здесь большими стадами. Линии — остатки уже почти неразличимых на земле изгородей, а круглые площадки — западни, в которых антилоп окружали и в упор расстреливали из луков. Сооружения датируются, как и Джейтун, неолитом.

Пользовались ли такими же загонами джейтунцы — загадка, тем более трудная, если учесть, что и наличие лука со стрелами в неолите южной Туркмении проблематично.

Туши антилоп джейтунцы притаскивали в поселок целиком, вероятно, освежевав их. Это доказывается подсчетом соотношения различных костей скелета джейранов: костей передних и задних ног одинаково много, обломки лопаток и таза, ребра и позвонки тоже представлены в достаточном количестве, однако малосъедобные нижние части конечностей, видимо, отрубали на месте убоя.

В культурных отложениях обнаружены кости дикого кабана. У джейтунцев еще не было достаточно смертоносного оружия, чтобы легко справиться с этим мощным и агрессивным зверем, поэтому их добычей становились лишь некрупные особи, вероятно самки и молодняк.

Неожиданной оказалась находка на поселении костей диких козлов и баранов, обитающих только в горах. С такой добычей охотник должен был добираться до дому целый день. Мало кто из современных горожан смог бы долго идти с подобной тяжелой ношей, но джейтунцы были выносливы. Любопытно, что путешествовавший в прошлом веке по Хорасану Н. В. Ханыков особо отметил способность местных жителей совершать 70-ки-

лометровый переход без видимых признаков усталости.

Чтобы составить представление об искусстве джейтунских охотников, не следует забывать, что эти люди успешно промышляли пушных зверей, включая таких хитрых и осторожных, как степной кот и лиса. Собаки, кстати, тоже ценились и за свой мех, ибо на их костях заметны как раз такие надрезы, которые образуются при снятии шкуры с животного. Выделка меха производилась с большим искусством, ибо тонкая и мягкая шкура хищника требует гораздо больше труда и умения, нежели грубая овчина.

АРХИТЕКТУРА И РЕМЕСЛО

Ближневосточные параллели в культуре джейтунцев можно объяснить двояко: как прямой перенос «неолитической технологии» в ходе миграции и как ее заимствование какими-то местными племенами Хорасана. В этом случае мы должны были бы наблюдать процесс постепенного освоения приобретенных знаний и навыков.

Раскопки самых ранних слоев Джейтуна свидетельствуют скорее в пользу первого предположения. Существенного развития культуры не наблюдается, былые выводы о ее архаизме, пожалуй, преувеличены. В свое время ряд исследователей готов был увидеть в джейтунцах прямых потомков охотников-собирателей, лишь недавно перешедших к производящему хозяйству. В действительности же они оказались неплохими гончарами и виртуозно владели искусством возведения построек из кирпича-сырца. Умение лепить и обжигать глиняные сосуды и строить прямоугольные в плане долговременные жилища — наиболее яркие особенности, отличающие земледельцев Западной Азии от их предшественников эпохи мезолита.

Показателен дом, раскопки которого начаты на западной окраине поселения. В толще песчаных наносов стены дома сохранились на высоту до 140 см. Толщина стен не достигает и 25 см, а длина каждой — около 6 м. Все четыре стены наклонены внутрь под углом 70°, образуя усеченную пирамиду. Подобная конструкция держится монолитом и не сползает вниз по песчаному склону — возвести ее могли только очень опытные мастера. Быть может, они применяли опалубку, так как иначе не просохшая еще кладка наклонных стен неизбежно бы обвалилась. Там, где склон холма особенно крут, здания возводили на высоких, как бы распластанных по песку платформах с хорошо продуманным внутренним устройством. Учитывая обычно медленные темпы развития первобытной технологии, вряд ли можно предположить, чтобы изощренные строительные приемы были использованы людьми, лишь недавно познакомившимися с сырцовой архитектурой.

Идеально ровные полы в джейтунских домах покрыты гипсом, или ганчем, как принято говорить в Средней Азии. Исследования показали, что ганч использовался с самого основания поселения.

Интересны входы в дома джейтунцев. Самые маленькие имеют в сечении лишь (30—35)×35 см и, похоже, предназначались для детей. Обычный лаз достигал в высоту 50—60 см. Низкие входы меньше нарушали прочность конструкции при наклонных стенах и затрудняли проникновение в жилище кровососущих насекомых. Возможно, что и какие-то ритуальные мотивы заставляли древних жителей южной Туркмении пробираться в дома, вставая на четвереньки.

В прошлом считалось, что черепки глиняной посуды встречаются на неолитических поселениях подгорной полосы Копетдага реже, чем кремневые орудия. Это мнение не подтвердилось: насыщенность слоя керамикой оказалась в 5—10 раз выше, чем о том сообщалось раньше. Глиняная посуда из нижних слоев ни по количеству, ни по качеству обжига не уступает более поздней.

Среди орудий из кости впервые удалось обнаружить иглы с ушком, которые по размерам не так уж отличаются от современной штопальной иглы. Ранее подобные иглы были найдены лишь на более поздних джейтунских поселениях. Видимо, джейтунцы были знакомы с нитками или пряжей, что подтверждается и находкой каменных дисков с отверстиями — вероятно, пряслиц для веретена.

В целом набор знакомых джейтунцам орудий и ремесленных навыков отражает сложную предысторию этой культуры. Так, строительные приемы (возведение наклонных стен из кирпичей- «батонов») находят аналоги в Закавказье V тысячелетия до н. э., а костяные иглы с ушком и каменные диски с отверстием — в северо-западной Месопотамии VII тысячелетия до н. э.

ДЖЕЙТУН И АЗИАТСКАЯ ГОРОДСКАЯ ТРАДИЦИЯ

Выборочные раскопки в разных концах джейтунского поселения показали, что оно изначально занимало ту же площадь, что и на протяжении последующих трех-четырех веков — 0,5—0,75 га. Хотя число обитателей поселка со временем выросло, новые дома строились на свободных участках внутри обжитой территории, на развалинах обветшавших зданий. Именно поэтому Джейтун и превратился в «жилой холм» (телль, тепе) из остатков строений, расположенных в несколько горизонтов. Подобные тепли — характерная черта пейзажа от Балкан до долины Инда, но их почти нет на востоке Азии. В доиспанской Америке люди тоже редко селились на развалинах старых домов. Древние индейские города распространялись вширь, незаметно переходя в сельскую местность. Плотность застройки даже в центральных кварталах была ниже, чем в древности и средневековье на западе Азии.

Поселения типа Джейтуна — а их на Ближнем и Среднем Востоке подавляющее большинство — имеют четко очерченную внешнюю границу, но лишены планировочного центра, что в отношении самого Джейтуна доказал В. М. Массон, целиком раскопав верхний архитектурный горизонт. Нет здесь, в частности, специальных культовых построек, которые служили бы структурообразующим ядром, хотя некоторые жилые дома больше других использовались для совершения культовых ритуалов. Лишь в IV ты-

Остатки типичного джейтунского дома с гипсовым полом и очагом-камином посередине северо-восточной стены.

Отложения на этом 40-сантиметровом разрезе состоят из тонких прослоев, насыщенных золой и органическими остатками.

сячелетии до н. э. в Месопотамии появляются первые храмы, вначале тоже мало отличающиеся от рядовых зданий. Зато архитектурное оформление получает внешняя граница селений. Уже в VII тысячелетии до н. э. палестинский Иерихон и Магзалия на западе Ирака были окружены стенами. В дальнейшем стена становится неотъемлемым атрибутом западноазиатского города. В древней Америке все иначе. Здесь города не имели стен, а для обороны использовали храмовые платформы. Стационарные святилища из камня и глины известны на протяжении всей эпохи после перехода к оседлости, превышая порой по занимаемой площади жилые кварталы.

Различия в структуре поселений между отдельными культурными традициями древнего мира можно отчасти объяснить несходством хозяйственных и природных условий в тот период, когда происходило становление производящей экономики. Однако свою роль могли сыграть и какие-то глубокие культурно-психологические стереотипы, формировавшиеся еще в палеолите.

Хозяйственное помещение рядом с жилищем. На полу остался слой утоптанного кизяка от содержавшихся здесь овец или коз.

Вход в дом делался в виде лаза высотой 55—60 см.

ДЖЕЙТУНСКАЯ КУЛЬТУРА И ПРОБЛЕМЫ ЛИНГВИСТИКИ

Археологам редко удается с уверенностью установить, на каком языке говорили те люди, чьи сохранившиеся следы они изучают. Тем не менее варианты языковой атрибуции древних народов не могут не обсуждаться. Интерес этот не праздный. Прошло время, когда развитие человечества пытались уложить в прокрустово ложе одной лишь стадийной типологии. На протяжении всей истории, в том числе первобытной, в ней взаимодействовали, сменяя друг друга, конкретные этнокультурные сообщества людей со своими неповторимыми воззрениями на мир, обычаями и особенностями хозяйственной жизни. После возникновения государств такие сообщества принято именовать цивилизациями, но в менее четкой и явной форме они существовали и раньше.

Одной из подобных первобытных «цивилизаций» и был мир раннеземледельческих племен, простиравшийся в VII—III тысячелетиях до н. э. от западной Индии до Балкан. В пределах его можно выделить сообщества меньшего ранга. Таковы культуры неолита, энеолита и бронзы на Иранском плато и в прилегающих к нему с севера и востока районах.

Циркумиранская общность племен — назовем ее так — прекратила существование во II тысячелетии до н. э. Смена культуры, по мнению многих исследователей, сопровождалась появлением здесь индоиранских народов, относящихся к индоевропейской языковой семье. На каких же языках говорили люди, жившие в этой области раньше?

В 1971 г. В. М. Массон, основываясь на предположениях лингвистов, поддержал гипотезу дравидской принадлежности населения южной Туркмении в III тысячелетии до н. э.[2] Сейчас дравидские языки распространены в основном в южной Индии, а в III тысячелетии до н. э. на них, видимо, говорили создатели цивилизации долины Инда. Поскольку дравидские языки родственны эламскому (языку жителей юго-западного Ирана в III тысячелетии до н. э.), допустимо полагать, что и языки народов, обитавших от восточного Элама до западных форпостов хараппской цивилизации в Белуджистане, принадлежали к той же эламо-дравидской семье. Что же до северного Ирана и южной Туркмении, то здесь проблема сложнее. От более южных эти районы отделены поясом труднопроходимых центральноиранских пустынь. В V—III тысячелетиях связи через пустыни или в обход их определенно имели место, но первоначальное проникновение ранних земледельцев из Передней Азии на восток шло, скорее всего, разными путями: один — к северу от пустынь (джейтунцы), другой — к югу.

К началу 80-х годов С. А. Старостин собрал доказательства в пользу нового языкового объединения, в которое он включил сино-тибетские (китайский, тибетский, бирманский и т. д.), енисейские (кетский) и северо-кавказские языки[3]. Последняя группа, представленная сейчас именно на Северном Кавказе, в III тысячелетии и ранее занимала более обширную территорию, вплоть до Малой Азии (хатти) и северной Месопотамии (хурриты). Развивая гипотезу Старостина, И. И. Пейрос предложил включить в ту же макросемью на правах еще одной ветви и язык горцев Кашмира — бурушаски. Независимо к сходному выводу пришел американский лингвист Дж. Бенгстон[4].

Проникновение сино-тибетского праязыка на восток через Южную Азию происходило, по мнению И. И. Пейроса, примерно в V—IV тысячелетиях до н. э. (Следует подчеркнуть, что распространение языков не равнозначно массовым миграциям, поэтому отдаленнейшее языковое родство абхазов и китайцев, например, не противоречит их принадлежности к разным расам.) У нас нет надежных оснований отождествлять носителей джейтунской культуры конкретно ни с протосино-тибетцами, ни с протобурушаски. Все же, вероятно, язык неолитических земледельцев Туркмении принадлежал к данному кругу языков, быть может, занимая там самостоятельное положение.

---

[2] Массон В. М. Алтын-депе. Л., 1981. С. 109—118.

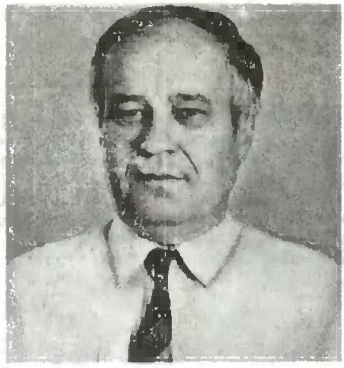
[3] Старостин С. А. Праенисейская реконструкция и внешние связи енисейских языков // Кетский сборник. Л., 1982. С. 144—237; Он же. Гипотеза о генетических связях сино-тибетских языков с енисейскими и северокавказскими языками // Лингвистическая реконструкция и древнейшая история Востока. Ч. 4. М., 1984. С. 19—38.

[4] Пейрос И. И. Лингвистические аспекты изучения древнейшей этнической истории Южной Азии // Истоки формирования современного населения Южной Азии. М., 1990. С. 36—152; Ruhlen M. Phylogenic relations of native American languages // Prehistoric Mongoloid Dispersals. 1990. N 7. P. 87.

Экологический диагноз морскому заливу

В. П. Кеонджян, А. М. Кудин

Виталий Павлович Кеонджян, доктор физико-математических наук, заместитель директора Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР. Специалист в области геофизической гидродинамики и математического моделирования процессов в окружающей среде. Директор фирмы «Экоси». Руководитель многочисленных океанологических экспедиций, и в том числе на судне «Академик Борис Петров» в Черное море (1990 г.)



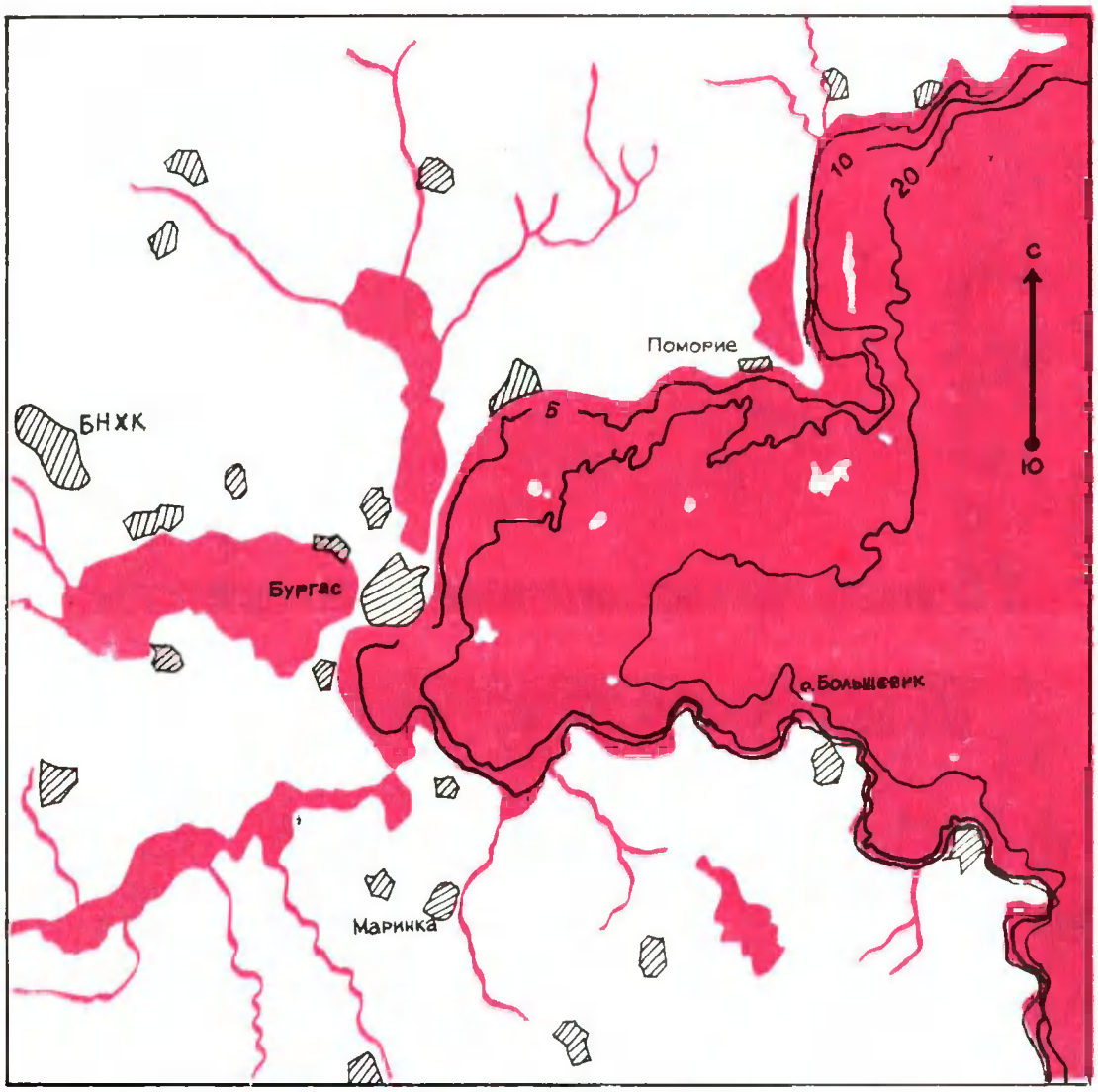
Александр Михайлович Кудин, кандидат технических наук, заведующий сектором гидрофизики того же института, главный специалист фирмы «Экоси», занимается исследованием тонкой структуры гидрофизических полей. Заместитель начальника той же экспедиции в Черное море.

НЕБЛАГОПОЛУЧНАЯ экологическая обстановка во многих районах Мирового океана вызывает тревогу широких слоев общественности. Наиболее плачевно состояние прибрежных морских зон, страдающих не только от интенсивного судоходства, но и от непродуманной хозяйственной деятельности: здесь в воду попадают стоки предприятий (в том числе сельскохозяйственных), зачастую построенных без всяких очистных сооружений, коммунальные и канализационные воды. Особенно загрязнены теплые моря. Известны участки Черного моря, где из-за накопления тяжелых металлов и неразлагающихся соединений, увеличивающегося поступления органики, концентрации на поверхности опасных веществ, сероводородного отравления необратимые экологические изменения уже произошли. Это, прежде всего, северо-западный район моря, часть Болгарского побережья.

На Керченском п-ове, в Присивашье, на территориях Одесской, Николаевской, Херсонской областей, в Севастополе предельно допустимые концентрации загрязнений в воздухе превышены в 20—250 раз, воде — 5—40 раз, почве — 1,5—5,5 раз. В малых реках Грузии (Кибусуками и Берухана) содержание фенолов превышает ПДК в 20—46 раз, нефтепродуктов — в 10—17 раз. Огромное количество загрязняющих веществ поступает в Черное море с водами Дуная, недаром называемого сточной канавой Европы.

Химические заводы в Одессе и Крыму, металлургические предприятия в Керчи, нефтеперегонные в Туапсе и Батуми почти все свои стоки сбрасывают непосредственно в море. В итоге с речными и сточными водами туда поступает ежегодно 5 км^3 неочищенных вод, содержащих 460 тыс. т. нефтепродуктов, 20 тыс. т. детергентов, 100 т фенолов.

В результате рыболовецкие колхозы Азово-Черноморского бассейна выполнили план добычи рыбы в 1990 г. только на 52 %. Фонд заработной платы рыбаков и занятых переработкой рыбы уменьшился за последние годы более чем на 30 %. Ставрида, кефаль, барабуля, пойманные у Севастополя,



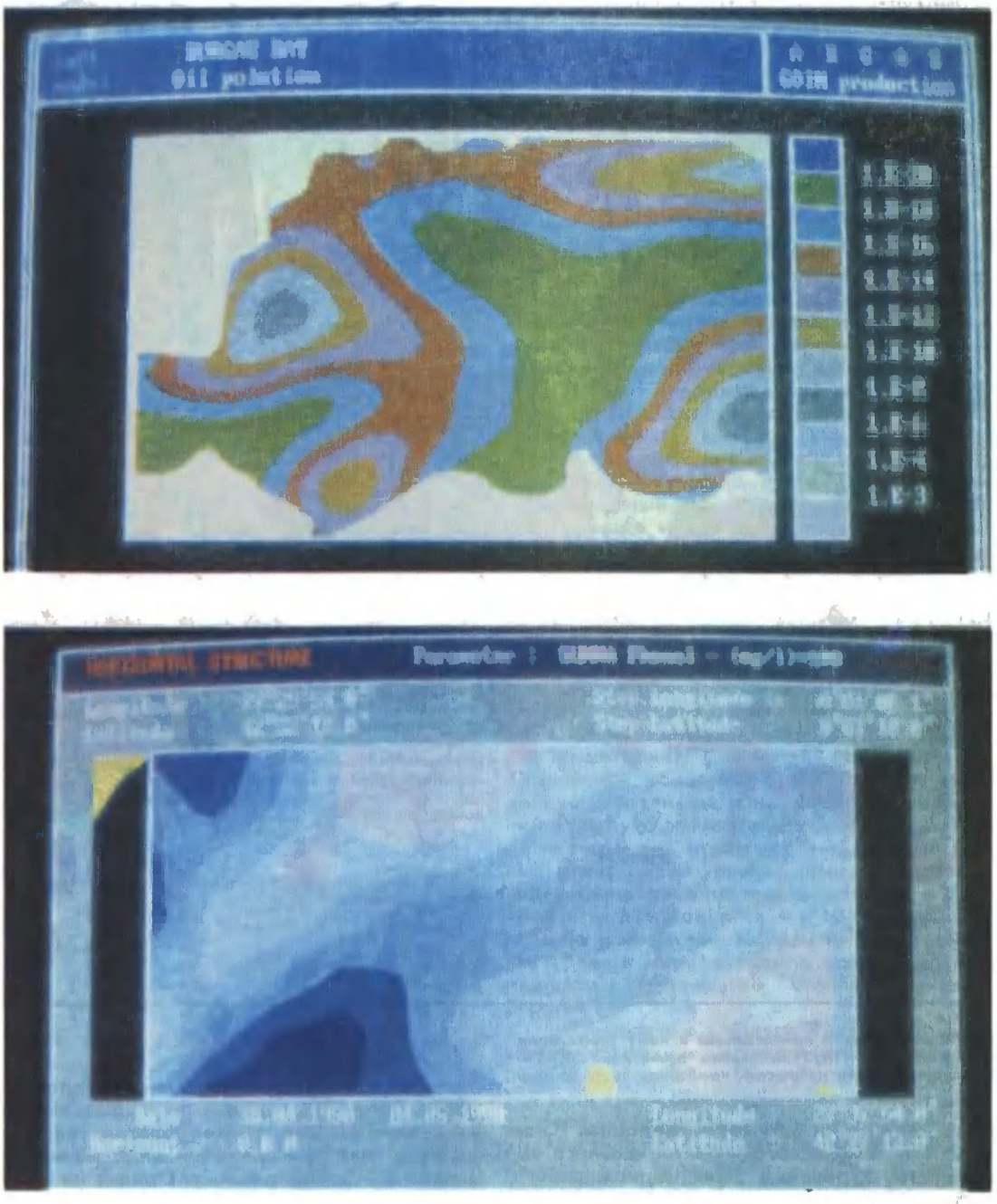
Бургасский залив и прилегающая к нему территория. На изолиниях — глубина залива в метрах. БНХК — Бургасский нефтехимический комбинат.

Новороссийска и Батуми, несъедобны. Из-за опасного химического и бактериального загрязнения курортные зоны Черноморского побережья теряют свое рекреационное значение. Если не предотвратить продолжающуюся деградацию экосистемы и не принять неотложные меры по спасению Черного моря, оно может стать таким же регионом бедствия, как Арал.

Попытке решить эти проблемы (мы называем их практической экологией морских регионов) и посвящена эта статья.

ПРЕДЫСТОРИЯ

Фундаментальные науки — гидробиология, биохимия, гидрохимия, гидродинамика, геофизика, гидрометеорология, токсикология — накопили солидный запас знаний по экологии Мирового океана. Однако на практике они редко доходят до тех, кто может принять безотлагательные меры для оздоровления обстановки. Кроме того, чтобы поставить экологический диагноз и определить, как нужно «лечить» море, необходимы всеобъемлющие экспертные оценки морской экосистемы и ее моделирование. Корректно формализовать такую многофакторную систему — дело далекого будущего. Пока

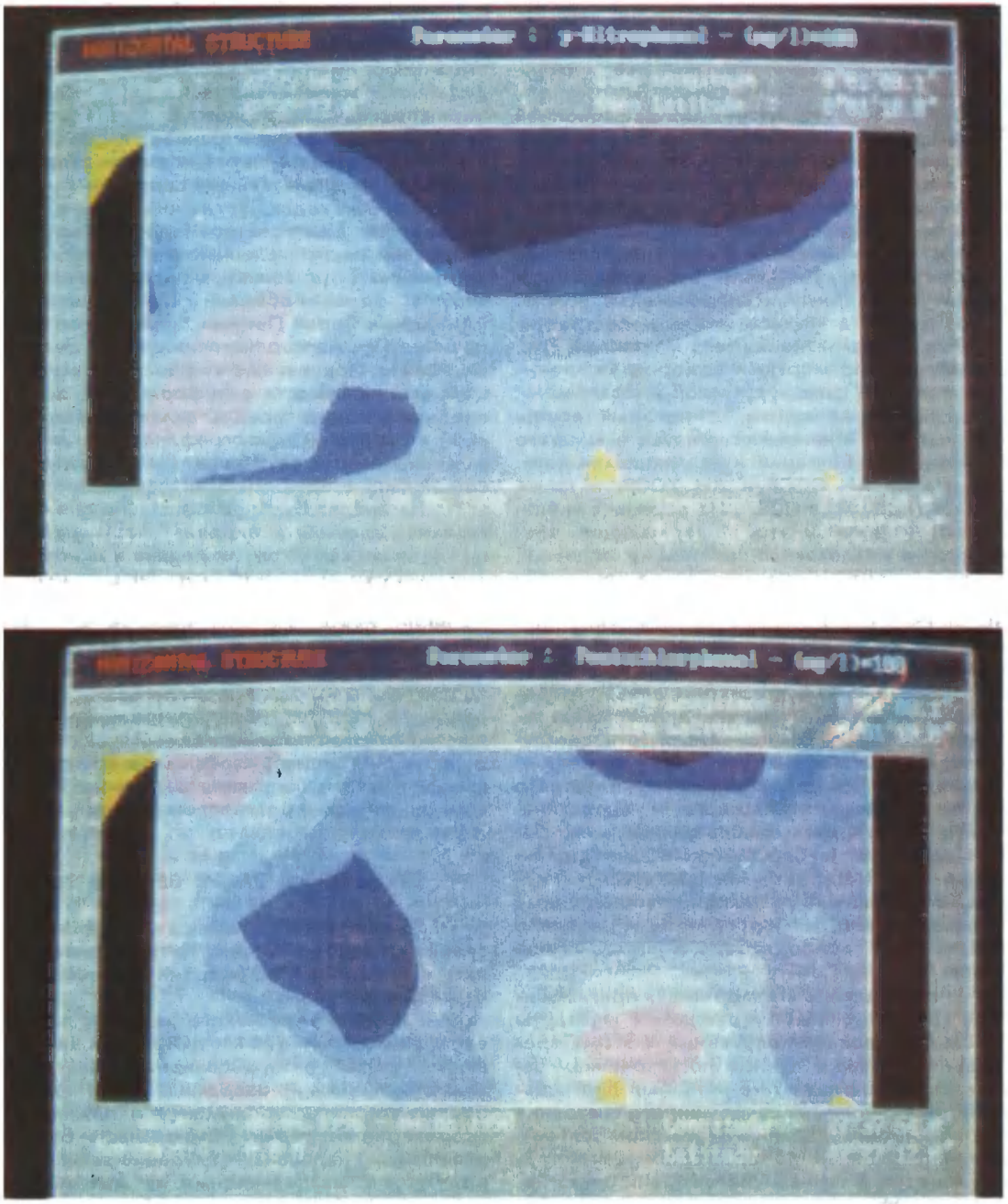


Распределение нефтяного загрязнения и суммарного загрязнения фенолами, р-нитрофенолом, пентахлорфенолом в акватории Бургасского залива в период экспедиции (фото с монитора компьютера).

Здесь и далее фото В. В. Тихонова

разработаны лишь грубые модели крупных морских бассейнов, в которых обычно отбрасываются такие детали, как изрезанность береговой полосы, течения, формирующиеся под действием меняющейся розы ветров и т. п.

Кроме того, необходим банк достовер-



ных данных. Хорошо известно, что специалисты определенных ведомств точно измеряют только «чужие» загрязнения. Поэтому для исследования экологической ситуации морского региона нужны не только суда, приборное обеспечение и система быстрой и точной обработки данных, но и независимые исследователи. Немаловажную роль играет и форма подачи информации: оказывается, лучше всего усваивается наглядная картина распространения загрязнителя — карта, отпечатанная компьютером.

Все эти положения и стали основой нашего комплексного подхода к экологи-

ческой диагностике морских систем. Немалую роль в его разработке сыграл замечательный человек и ученый, ныне, к сожалению, покойный, А. И. Симонов.

Что касается организационной предыстории нашей работы, то инициатором создания болгаро-советской организации, занимающейся практической экологией Черного моря, стал болгарский физик С. Мавродиев, уроженец курортного городка Поморие, что на берегу Бургасского залива, долгое время работавший в Объединенном институте ядерных исследований в Дубне. Влюбленный в Черное море и пострадавший от его загрязнения (его маленький сын, побегавший по морским водорослям, получил тяжелую экзему), он образовал международный коллектив, в который вошли специалисты Министерства науки и высшего образования Болгарии и ее Академии наук, ученые из АН СССР и АН УССР, а также Госкомгидромета СССР. На первом семинаре «Поморие-88» это неформальное объединение подготовило программу, основной целью которой стала разработка концепции предотвращения экологической катастрофы Черного моря. Отработку ее основных элементов было решено провести в одном из самых неблагополучных регионов болгарского побережья — Бургасском заливе. Требовалось установить уровень загрязнения залива основными компонентами (относительно пороговых значений), источники их поступления; разработать систему комплексного гидролого-гидрохимического и биологического мониторинга самого залива и его береговой зоны (с блоками контроля дистанционными и контактными средствами и системой обработки данных), первоочередные природоохранные мероприятия и рекомендации для природосберегающего планирования.

На семинаре «Поморие-89» приглашенные из различных учреждений эксперты проанализировали полученный к этому времени материал и данные по источникам загрязнения, в результате чего был подготовлен доклад-диагноз современного состояния экологических условий в Бургасском заливе с рекомендациями по природоохранной деятельности. В точном соответствии с прогнозом в 1989 г. залив был охвачен небывалым по масштабу «красным приливом», повлекшим массовый замор рыбы, всплеск токсичности воды.

Преемником болгаро-советского коллектива «Черное море» стала созданная в 1989 г. международная фирма «Экоси» («Ecosea»). Это название помимо очевидного морского прочтения имеет и научное истолкование — экологические системные исследования. Одной из причин создания фирмы стали соображения экономические: на определенном этапе стало ясно, что объединить специалистов разного профиля можно только на договорной основе. К тому же, чтобы реализовать научные рекомендации, необходимы значительные средства.

В 1980-х годах Бургасский залив и прилегающий к нему сектор Черного моря исследовали многочисленные научно-исследовательские суда. Только в первой половине 1989 г. здесь побывали «Яков Гаккель», «Академик Борис Петров», «Академик Книпович», «Профессор Колесников», «Адмирал Орманов». Полученные в этих семи экспедициях данные вместе с информацией за последние 40 лет, предоставленной болгарской и советской гидрографическими и природоохранными службами, были введены в специально созданный банк данных.

Их анализ был неожиданным для болгарских властей. Вопреки сложившемуся представлению о том, что залив в основном загрязняется стоками Дуная, переносимыми западной ветвью основного черноморского течения, оказалось, что «вклад» местных источников превышает дунайский. По многим показателям они загрязняют воду в 10—100 раз больше, чем предполагалось. И право же, нужно было обладать настоящим мужеством (его проявил заместитель мэра Бургаса Н. Пандев), чтобы заказать оценку экологического состояния залива не Институту океанологии Болгарской академии наук, а «чужакам».

БУРГАССКИЙ ЗАЛИВ ВЕСНОЙ 1990 Г.

25 апреля 1990 г. наша экспедиция на судне «Академик Борис Петров» направилась в западный угол (моряки называют его кут) Черного моря.

Площадь Бургасского залива к западу от г. Поморие — 174 км^2. Окружающая его суша — холмы и террасовидные равнины с многочисленными озерами. Здесь самое большое количество лиманов и пляжей на территории Болгарии. Южная часть берега значительно изрезана — глубокие заливы чередуются с разделяющими их мысами. На побережье расположены г. Бургас и несколько курортных центров европейского уровня: Поморие, Сазополь и др. Недалеко от Поморие добывают руды полиметаллов и строительные материалы. Возле Бургаса расположен один из крупнейших в Европе нефтехимических комбинатов. Всего в заливе зарегистрировано 13 источников загрязнения. Кроме уже упомянутых это стоки заво-

дов и фабрик, жилых районов, аэропорта и морских портов, сельскохозяйственных предприятий. Очистка стоков в основном механическая и частично химическая. Если в новой части Бургаса очистные сооружения снабжены наиболее эффективной биологической очисткой, то в старой ее нет, а в Поморие очистная система еще только строится.

Гидрологический режим залива определяют в основном конфигурация берегов и рельеф дна, региональные метеорологические условия, водообмен с западной частью Черного моря. При слабых ветрах преобладает циклоническая циркуляция, возможны две ветви течений в юго-западной части залива, локальные вихри — в южной: на севере скорости течений выше, чем на юге.

Гидрохимический режим акватории рассматривался по сумме показателей: температура, соленость, pH, окислительно-восстановительный потенциал, содержание нитритов и нитратов, азота, фосфора, фенола и девяти его производных, а также других загрязнителей. В отдельных точках измерялась концентрация в воде пестицидов. Параллельно с гидрохимическими исследованиями определялось и качество морской воды по токсикологическому показателю (выживаемость светящихся бактерий). Кроме изучения распределения загрязнений важной задачей была оценка способности морской воды к самоочищению.

Пробы отбирались на 31 станции, расположенной по стандартной океанологической сетке (в заливах через каждые 2 км). Кроме того, изучались пробы в 10 береговых и прибрежных пунктах, шесть из которых (пресноводные) находятся у основных источников загрязнения, а четыре (морские) — вблизи берега, в пляжной зоне.

Рейс 1990 г. на судне «Академик Борис Петров» отличался тем, что наряду с традиционными исследованиями большое внимание в нем уделялось численным экспериментам. Действительно, расчеты в рамках математических моделей динамики распространения примесей позволяют выявить места наибольшей концентрации загрязнителей в акватории при конкретных гидрометеорологических условиях и сократить отбор проб, время и стоимость работ. Проводить такие расчеты позволяет компьютерная система «АРГОС», которой располагала наша экспедиция, она же «выдает» карты распространения загрязнений разного типа.

Чтобы представить картину загрязнения такой акватории, как Бургасский залив, традиционным методом необходимо обследовать (отобрать и проанализировать) поверхностные пробы в десятках точек, что даже на таком совершенном судне, как «Академик Борис Петров» требует не менее двух суток. Модельные расчеты позволяют наметить точки прицельного отбора проб и уменьшить их число в 10 раз.

Поскольку нефтяные углеводороды — наиболее опасный и распространенный загрязнитель акватории, методика экспресс-анализа поначалу отрабатывалась именно на них. Сточные и поверхностные воды приносят в залив около 13,5 т нефтепродуктов в сутки. Официальные данные о сбросах оказались явно заниженными. Средняя концентрация нефтяных углеводородов превышает ПДК в десятки раз. Проведены три численных эксперимента с различными данными по сбросу загрязнения при течениях, соответствующих преобладающему типу ветров.

В первом определялась ассимиляционная емкость залива, т. е. предельное количество нефтепродуктов, сброс которого не приводит к необратимым нарушениям экосистемы. По нашим данным, это 5 т/сут. В двух других учитывался различный сток: в одном только непрерывный береговой от стационарных источников (2,6 т нефтепродуктов в сутки), в другом — утечка нефти в порту и ее сливы с судов (более 10 т/сут).

Полученные в численных экспериментах результаты позволили районировать залив по степени риска нефтяного загрязнения. Максимальная его величина характерна для участка, расположенного юго-восточнее Бургаса. Небольшие замкнутые круговороты в бухтах южного побережья способствуют аккумуляции в них загрязнения. Однако численные эксперименты проводились по модели «мелкой воды», и в них не рассматривалось само Черное море, как источник загрязнения, аварийные разливы, перемешивание вод, вторично загрязняющее воду нефтепродуктами, выпавшими в осадок. Так, что полученные результаты можно рассматривать как первое приближение.

Поскольку температура воды в период экспедиции была не выше 13,5 °С, в воде было немного биоорганики, а pH 8—8,2. Летом, при температуре выше 20 °С, и особенно в период цветения микроводорослей, эти величины сильно меняются. Бактериального загрязнения воды также не наблюдалось.

Зато обнаружилось высокое фенольное загрязнение. Фенол и его производные — опасные загрязнители, а пентахлорфенол, 4-хлор-3-метилфенол и 2, 4, 6-трихлорфенол вообще не включаются в биоло-

Научно-исследовательское малокаботажное судно АН СССР «Академик Борис Петров» в Черном море.

гический круговорот и обладают высокой токсичностью по отношению к гидробионтам. Эти вещества присутствуют в сточных водах коксохимических, фармацевтических, лакокрасочных, деревообрабатывающих, целлюлозно-бумажных предприятий.

В Бургасском заливе пробы воды на фенолы отбирались с поверхности акватории и в отдельных прибрежных точках вблизи пляжей, а также промышленных и городских стоков. Среднее содержание фенолов составило 0,054 мг/л (от 0,02 до 0,08), что значительно выше ПДК. Компьютерная графика и на этот раз позволила выделить места наибольшего загрязнения фенолами и возможные пути его распространения. Выяснилось, что их распределение полностью коррелирует с направлением массопереноса при западном и северо-западном ветрах, которые дули в период отбора проб. Удалось определить и источник поступления фенолов в воды залива. Их в основном приносят стоки нефтехимического комбината, расположенного в самой вершине угла залива. Численный эксперимент позволил «засечь» фенольную установку, о существовании которой умалчивалось.

Очень опасно для живых организмов загрязнение пестицидами. Датский химик Н. Сплид (приглашенный в экспедицию как независимый эксперт) обнаружил, что общее содержание пестицидов (элдрин, диэлдрин, хлордан, гептахлор и др.) в водах залива составляет более 50 мкг/л, т. е. в 50 раз выше, чем в пробах, взятых в открытом море.

Кроме сравнения загрязнения воды с предельно допустимыми концентрациями (в целом этот метод вряд ли можно считать точным из-за образования в воде смеси аналогов, которой нет в природе) велись исследования токсичности. Контроль проб проводился по трем биологическим тестам: уже упомянутым методом сравнения интенсивности свечения бактерий в исследуемой и контрольной пробах (в пресной и морской воде), по выживаемости инфузории Tetrahymena pyriformis (при высокой токсичности она живет всего 15 мин.) и рачка Daphnia magna — в пресной воде.

Все сточные воды, попадающие в залив, оказались отравленными. Для снятия их токсичности требуется разводить их в пропорции 1:10, 1:15, и более. И не мудрено: в сутки в Бургасский залив поступает 132,2 тыс. $м^3$ неочищенных и частично очищенных сточных вод. Они приносят сюда 13,4 т нефтепродуктов, 3,2 т аммиака, 19,8 тыс. т взвешенных и 22,6 т органических веществ. При высоких температурах воды в летнее время это приводит к резкому росту патогенной микрофлоры, заморам и эпидемиям, как в 1989.

Для оздоровления экологической обстановки в заливе требуется в кратчайшие сроки ввести в эксплуатацию очистные сооружения с биологической системой очистки, прекратить сток нефтепродуктов в море и сброс сточных вод с животноводческого комплекса через дождевой коллектор жило-

Спуск измерительной аппаратуры.

го комплекса Изгрев, собрать в коллекторы сточные воды старой части Бургаса и его южной индустриальной зоны, чтобы подавать их на очистные сооружения общегородской станции, провести дополнительную очистку сточных вод нефтекомбината до уровня нормативных требований. Эти рекомендации мы передали болгарским властям.

Поскольку неблагополучная экологическая обстановка в Бургасском заливе — результат систематического загрязнения местными источниками, в дальнейшем предстоит более глубоко изучить происходящие в нем процессы: водный и солевой баланс, вентиляцию вод, самоочищение — химическую и биохимическую трансформацию загрязняющих веществ, их аккумуляцию на дне и т. п.

Рассказанное — лишь беглое перечисление некоторых исследований экспедиции. Полное их изложение содержится в монографии «Практическая экология морских регионов. Черное море» (Киев: Наукова думка, 1990). Кроме того, в нее вошли многочисленные данные, характеризующие состояние экосистемы Черноморского бассейна в целом. Эта монография вышла в свет за небывалый для научного издания срок — три месяца. Она выпущена под эгидой Ассоциации делового сотрудничества с зарубежными странами «Научно-технический прогресс» и Всемирного движения «Экофорум за мир» (советский комитет форума во главе с академиками Б. Н. Ласкориным и В. Л. Барсуковым оказал финансовую и организационную поддержку изданию).

Не менее важным результатом нашей работы стало формирование качественно нового характера взаимодействия ученых и управленцев, которое может быстро привести к решению природоохранных вопросов. Поучителен и опыт совместной работы специалистов разного профиля (в экспедиции участвовали 30 человек, и среди них биологи, химики, гидрохимики, геофизики, математики). Не последнюю роль в их увлеченности и производительности сыграла компьютерная техника, делающая полученные результаты особо наглядными.

В августе 1991 г. наша команда снова выходит в море, пострадавшее от человеческой деятельности, теперь это — Азовское.

Материал подготовила **М. Ю. Зубрева**

В журнале «Природа» в № 12 за 1990 г. опубликована заключительная часть воспоминаний С. Э. Фриша. В них говорится и о Сергее Ивановиче Вавилове. В частности, затрагивается вопрос об истории открытия явления, называемого «излучением Вавилова — Черенкова» (а за рубежом его часто называют просто «излучением Черенкова»).

Эти воспоминания весьма интересны. Однако, как мы полагаем, С. Э. Фриш очень принижает роль С. И. Вавилова в истории открытия этого явления. Он пишет: «По-видимому, ученики Сергея Ивановича решили, что надо как-то подчеркнуть и его участие в открытии. Но они перестарались: приписать имя ученого явлению, которого он не предвидел и которому, после его экспериментального обнаружения, пытался дать неправильное объяснение,— едва ли хороший способ отметить его память». Все это безусловно несправедливо. (Здесь заметим лишь вскользь: часто ли крупное открытие предвидят? Как было с открытием сверхпроводимости, сверхтекучести и т. п.)

Поскольку один из нас (Н. А. Д.) был аспирантом С. И. Вавилова одновременно с П. А. Черенковым и был непосредственным свидетелем открытия с самых первых опытов, еще до перевода института из Ленинграда в Москву в 1934 г., а другой (Е. Л. Ф.) — с 1935 г. свидетелем дальнейшего развития исследований явления и создания в 1937 г. его теории И. М. Франком и И. Е. Таммом, мы считаем необходимым еще раз вернуться к его истории.

Аспирантскую тему «Изучение свечения растворов ураниловых солей под действием γ-лучей» Вавилов предложил Черенкову еще в Физико-математическом институте Академии наук (до образования ФИАНа).

Черенков должен был изучать интенсивность обычной люминесценции растворов ураниловых солей в серной кислоте под воздействием γ-лучей в зависимости от ряда факторов. Главная методическая трудность исследования состояла в том, что нужно было регистрировать и количественно измерять интенсивность чрезвычайно слабого свечения. По предложению Вавилова для этой цели был использован разработанный им (и уже применявшийся) метод, основанный на том, что человеческий глаз, адаптированный в течение часа и более к полной темноте, обладает довольно резким порогом чувствительности.

Практически этот метод применяется следующим образом: с помощью простой оптической схемы свет, испускаемый жидкостью, находящейся в сосуде, формируется в параллельный пучок, попадающий в глаз наблюдателя. Пучок проходит сквозь «фотографический клин» с почернением, возрастающим к одному концу клина. Экспериментатор передвигает клин, пока его глаз не перестает ощущать свет. Положение клина в этот момент и является мерой интенсивности свечения. В те годы чувствительность такого метода далеко превосходила все другие методы измерения интенсивности слабого света. Следует особенно подчеркнуть, что Черенков не только быстро освоил эту технику, но и достиг виртуозного владения ею. Все измерения он проводил исключительно тщательно и с удивительной точностью.

И вот однажды, при проведении очередного сеанса измерений, Павел Алексеевич случайно заметил, что налитая в стакан, стоявший вблизи от препарата радия, чистая серная кислота, без всяких ураниловых солей, также светится, хотя и заметно слабее, чем раствор.

Естественно, Павел Алексеевич был очень расстроен этим наблюдением: ведь для определения интенсивности свечения солей надо из наблюдаемой в каждом опыте интенсивности свечения раствора вычесть интенсивность свечения растворителя. А это неизбежно ведет к уменьшению точности измерения изучаемого эффекта. На очередном аспирантском занятии Павел Алексеевич даже сказал собравшимся (в том числе и Н. А. Д.), что считает свою диссертационную работу погибшей и что собирается просить Сергея Ивановича дать ему другую тему.

Поясним чуть подробнее, чем был так озадачен Черенков. Ему надлежало выяснить механизм возбуждения люминесценции растворов ураниловых солей и ее гашения, в частности при нагревании. Понятно, что при нагревании растет средняя энергия теплового движения, а это, в свою очередь, способствует переходу молекул из возбужденного состояния в основное без излучения, т. е. тушению свечения. Так же действуют и введенные в раствор определенные примеси (перевозбуждение люминесцирующих молекул происходит тогда в результате передачи энергии от молекул излучаемого люминесцирующего вещества молекулам примеси).

Зависимость теплового гашения люминесценции от температуры T можно представить формулой $J_\infty (A+Be^{-\alpha/T})^{-1}$, где J — интенсивность люминесценции, а A, B и α — константы. Главную роль в определении механизма тушения люминесценции играет константа α.

Кривая, описывающая этот закон, выглядит так.

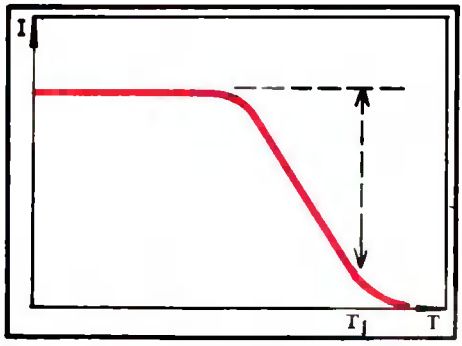
Падение интенсивности свечения J при достижении температуры T_1 и позволяет определить α.

Однако достаточно точно определить показатель степени α можно, только если в эксперименте достигается уменьшение интенсивности люминесценции с ростом температуры (показанное на рисунке) в десятки, а лучше даже в сотню раз.

А как видно из табл. 4, приведенной в кандидатской диссертации Черенкова[1], точность в определении значения α в его опытах не могла быть достаточно хорошей именно из-за нетушащегося, как оказалось, свечения растворителя.

Таким образом, у Черенкова действительно были основания для огорчения. Он был слишком хорошим эксперимен-

[1] Труды ФИАНа. Т. 1. Вып. 1. М.— Л., 1936. С. 61.



татором, чтобы не понимать сложившуюся ситуацию.

Но когда он доложил о своем наблюдении Сергею Ивановичу, тот отнесся к этому совсем иначе. Со свойственной ему проницательностью он сразу же заподозрил, что дело здесь не в обычной люминесценции, а в чем-то совершенно другом. Первым делом он предложил Павлу Алексеевичу провести с чистым растворителем целый ряд контрольных опытов (зависимость интенсивности свечения от температуры, от природы жидкости, от чистоты ее, от вязкости, от добавления гасителей и т. п.). Эти контрольные опыты были проведены Черенковым с присущей ему тщательностью, причем в ряде случаев Сергей Иванович сам принимал в них участие. Эти опыты привели Вавилова, глубокого знатока люминесценции, к твердому выводу, что свечение чистых жидкостей не является люминесценцией, а имеет совсем необычный характер.

Дело в том, что отсутствие тушения растворителя однозначно свидетельствовало об отсутствии возбужденных состояний молекул. Но свечение-то при облучении возникало! Как это могло получиться без возбужденного состояния? Только Сергей Иванович и мог в то время прийти к неожиданному выводу, что это не люминесценция, а нечто совсем новое. Он так заинтересовался этим новым явлением, что, несмотря на свою огромную занятость, регулярно, один-два раза в неделю, просиживал целый час в темноте и затем «самоглазно» проводил измерения.

Кстати, другие аспиранты Вавилова (Н. А. Д. в том числе) сразу же воспользовались открывшейся возможностью и в течение этого часа сидения в темноте отчитывались перед своим руководителем о проделанной работе и обсуждали планы на ближайшее будущее.

А Сергей Иванович, учитывая, в частности, обнаруженную резкую направленность излучения, быстро понял, что это загадочное свечение вызывают не сами γ-кванты, а вторичные электроны, выбиваемые γ-квантами из атомов жидкости. Это был очень важный, даже решающий момент открытия.

Естественно, Сергей Иванович прежде всего подумал, не является ли это излучение тормозным, так как в то время это был единственный известный механизм излучения, не требовавший возбужденного состояния. Но такое объяснение не проходило из-за особенностей углового распределения свечения. Особенно наглядно это выявилось в эксперименте, предложенном И. М. Франком, с помещением светящейся жидкости в сильное магнитное поле, отклонявшее вторичные электроны от направления пучка γ-лучей. Оказалось, что излучение, направленное по оси пучка электронов, слабее, чем излучение под некоторым углом к ней, т. е. обладает совсем уж необычными свойствами.

Уже после переезда ФИАНа из Ленинграда в Москву И. М. Франк напал на возможное полуколичественное объяснение нового излучения как излучения, вызываемого электронами, движущимися в среде со скоростью, превышающей скорость света в данной среде. Это воспринималось как парадокс, но затем И. Е. Тамм совместно с И. М. Франком дали полную математическую теорию этого явления и показали, что его свойства вовсе не противоречат ни уравнениям Максвелла, ни теории относительности.

Таким образом, вся история этого открытия представляет собой прекрасный пример коллективного труда, из которого нельзя устранить вклад ни одного из его участников. В целом все это убедительно показывает, что имя Сергея Ивановича Вавилова неотрывно и заслуженно связано с этим открытием, которое совершенно справедливо носит название «излучение Вавилова — Черенкова».

В 1958 г., спустя уже более семи лет после кончины Сергея Ивановича, Нобелевский комитет присудил свою премию И. Е. Тамму, И. М. Франку и П. А. Черенкову за одно из самых замечательных открытий первой половины нашего века (в соответствии с уставом Нобелевских премий они не присуждаются посмертно).

Академик АН КазССР
Н. А. Добротин,
член-корреспондент АН СССР
Е. Л. Фейнберг,
доктор физико-математических наук **М. В. Фок**

ЛИДАР

«ЭЛЕКТРОНИКА-06Н»

ДИСТАНЦИОННЫЙ ЛАЗЕРНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ПРОЗРАЧНОСТИ И АЭРОЗОЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АТМОСФЕРЫ

Измерение профиля сигнала обратного рассеяния и расчет по нему профиля показателя ослабления излучения атмосферным аэрозолем, метеорологической дальности видимости и ряда других величин.

Технические характеристики

Диапазон измерения среднего показателя ослабления зондирующего излучения, км$^{-1}$		6—1,2
Диапазон определения метеорологической дальности видимости, км		0,5—2,5
Потребляемая мощность от сети, Вт		
220 В, 50 Гц	не более	800
380 В, 50 Гц	»	600
Габаритные размеры основных блоков, мм:		
приемно-передающее устройство (ППУ)		850×470×880
блок питания лазера (БПЛ)		170×480×520
блок управления (БУ)		440×400×200
регистратор быстропротекающих процессов РБП-01		440×400×200
микроЭВМ МС1212		480×630×130
рулонный телеграфный аппарат РТА-80		570×600×220
Вес, кг,	не более	150

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИДАРА:

определение прозрачности атмосферы и дальности видимости вдоль горизонтальных и наклонных трасс;
определение параметров аэрозольных выбросов из труб промышленных предприятий;
определение массовой концентрации фонового и антропогенного аэрозоля.

«ЭЛЕКТРОНИКА-06Н» — ЭТО:

рутинные измерения и научные исследования;
высокая степень автоматизации измерений в реальном времени;
фотоприемное устройство с системой сжатия динамического диапазона сигналов;
переход от одной области применения к другой — изменением программного обеспечения.

Программное обеспечение лидара хранится в постоянном запоминающем устройстве ЭВМ. По желанию заказчика за дополнительную плату могут быть выполнены следующие доработки:
изменение программного обеспечения;
укомплектование лидара ЭВМ с широким набором периферийных устройств;
замена лазера на рубиновый с энергией 200 мДж (лидар «Электроника-06Р»);
изменение диапазона регулирования усиления ФЭУ;
изменение углов места направления зондирования.

Адрес: 103489, Москва, Научно-производственный центр «Лазеры и аппаратура», НПО «Зенит». Тел. 535-26-71, телефакс 534-59-16.

Астрофизика

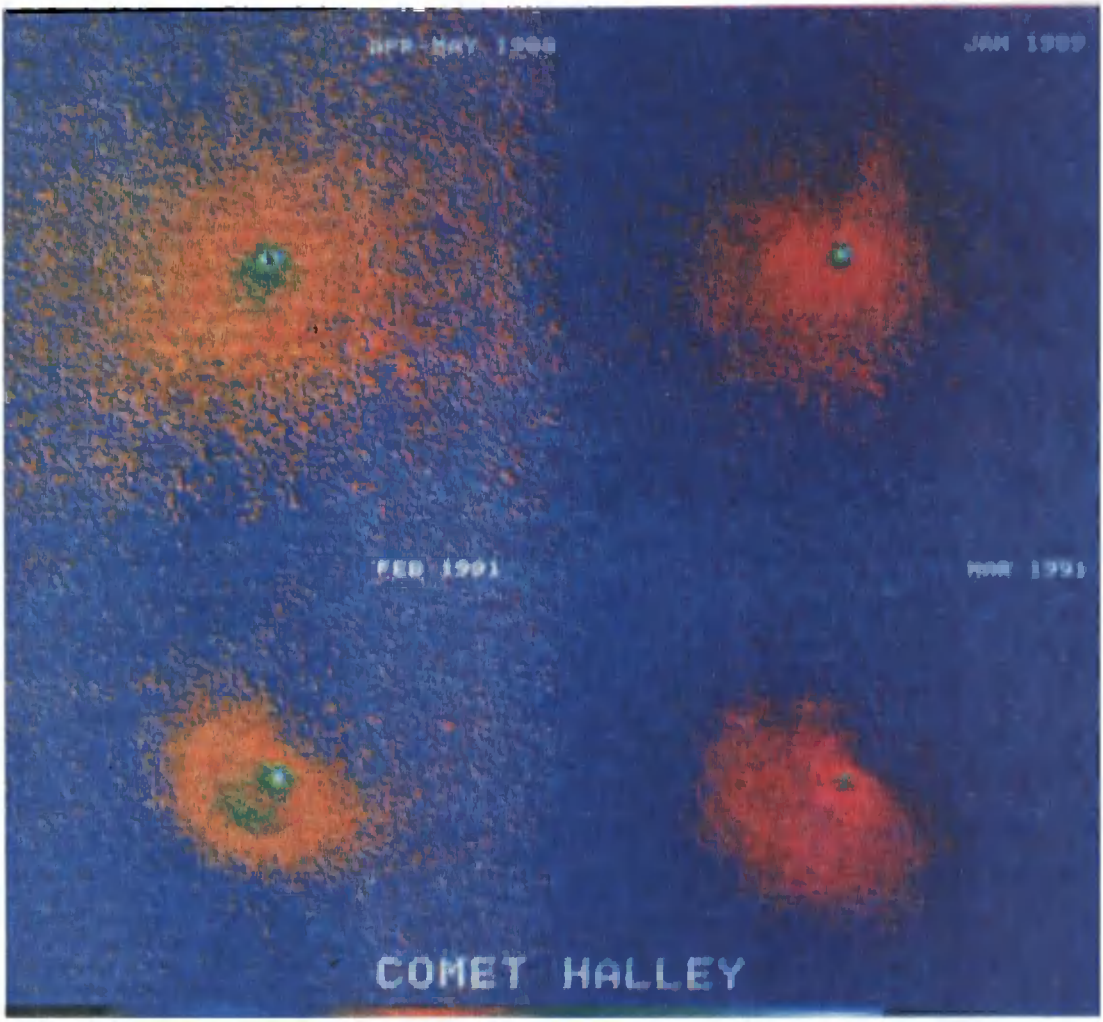
К самым «началам»

Новый технологический телескоп (НТТ) в Ла-Силла, принадлежащий Южной европейской обсерватории (ЮЕО), вновь продемонстрировал свои уникальные возможности. Известный в течение двух лет как лучший в мире оптический телескоп нового поколения с угловым разрешением, близким к принципиальному пределу, недавно он позволил получить самый глубокий обзор наиболее удаленных областей Вселенной, когда-либо достижимых с помощью земных или космических средств.

Обнаружено огромное количество бесконечных слабых и весьма удаленных галактик до 29-й звездной величины, чьи изображения почти полностью заполняют поле обзора телескопа. Осуществляется эта программа наблюдений с марта 1991 г. международной группой астрономов из Австралийского национального университета (Канберра), Южной европейской обсерватории, Национальной астрономической обсерватории Японии (Токио) и Калифорнийского университета (Беркли, США).

Чтобы свет от ярких объектов не затмил излучения гораздо более слабых, НТТ был на-

Изображение в искусственных цветах облака вокруг ядра кометы Галлея в разные моменты времени: в апреле—мае 1988 г., когда комета находилась в 8,5 а. е. от Солнца (1270 млн. км); январе 1989 г.— в 10,1 а. е. (1510 млн. км); феврале 1991 г.— в 14,3 а. е. (2140 млн. км) и марте 1991 г.— в 14,5 а. е. (2170 млн. км). Ясно прослеживается эволюция облака.



Малая планета «Милдред» (светлый след в центре фотографии), обнаруженная в сентябре 1916 г. и повторно открытая в Южной европейской обсерватории 10 апреля 1991 г.

правлен на так называемую «пустую» область неба в экваториальном созвездии Секстанта, где, по предварительным наблюдениям, нет объектов ярче 26^m. Используя высокочувствительный детектор, размещенный в одном из фокусов НТТ, Б. Петерсон (Обсерватория Маунт Стромло, Австралийский национальный университет) сделал 41 экспозицию этой области неба, что заняло в общей сложности 6 ч 50 мин. Отдельные снимки были подвергнуты интенсивному процессу восстановления изображения, а затем было получено комбинированное изображение, небольшая часть которого (примерно 2 % общей площади обзора) представлена на четвертой странице обложки.

Известно, что при очень глубоком экспонировании неба бóльшая часть зарегистрированных объектов слабее 24^m оказывается не отдельными звездами, а галактиками — гигантскими звездными системами, подобными Млечному Пути. И действительно, на полученном фото более 97 % объектов — это галактики, ярчайшие из которых ($21—25^m$) имеют различную форму и могут быть классифицированы. Прекрасное угловое разрешение НТТ позволило установить, что и некоторые слабые изображения тоже достаточно протяженные; возможно, это связано с типом галактик (эллиптическим или спиральным) или с наклоном луча зрения. Полученные изображения были очень точно прокалиброваны с помощью объектов известной яркости. Оказалось, что «предельная величина», т. е. яркость самого далекого объекта, который еще может быть зарегистрирован НТТ, составляет 29^m. Это более чем на 1 звездную величину (в 2,5 раза) слабее изображений, полученных до сих пор с помощью какого-либо оптического (земного или космического) телескопа.

Итак, фотография демонстрирует огромное число галактик, чьи изображения в значительной степени перекрываются. Трудно представить, что существует область, где можно «продраться» сквозь эту «стену» из галактик. Уж одно это говорит об огромном космологическом значении полученного изображения: число галактик попрежнему возрастает, хотя их яркость весьма мала. Следовательно, еще не удалось достичь точки, откуда можно смотреть сквозь галактики, как, например, сквозь звезды Млечного Пути. Поскольку каждая галактика состоит из миллионов звезд, подобных Солнцу, они должны находиться очень далеко, чтобы свет от них становился столь слабым.

И все же по одной фотографии нельзя сделать четкого различия между слабыми, относительно близкими карликовыми галактиками, очень далекими «нормальными» галактиками, подобными Млечному Пути, и экстремально удаленными сверхизлучающими галактиками. Если некоторые из слабых изображений на фотографии относятся к карликовым галактикам, их красное смещение $Z=0,5—0,7$, и, соответственно, возраст составляет 38—48 % от возраста Вселенной T_8 (при $T_8=20$ млрд. лет расстояние до них примерно 10 млрд. св. лет). Для нормаль-

ных галактик Z=3—3,5, а возраст — 88—91 % T_B (расстояние около 18 млрд. св. лет). Но если какие-то из них ярче Млечного Пути, они должны находиться на бо́льших расстояниях, например, это могут быть экстремально яркие квазары, чрезвычайно удаленные от нас.

Чтобы полнее извлечь информацию из этой уникальной фотографии, предполагается провести ее комплексные лабораторные исследования. Прежде всего будут измерены цвета большинства зарегистрированных галактик (с помощью НТТ это возможно для тех из них, чья звездная величина ярче 28^m).

Фотография сделана в желтом свете и показывает яркость галактик в этой области спектра. Похожая картина получена и в красных лучах, она позволяет определить, какой из слабых объектов голубой, а какой — красный. Дело в том, что очень молодые галактики, включая те, что находятся на стадии формирования, довольно голубые, поскольку в их состав входят молодые и горячие звезды голубого цвета. Более старые галактики, в которых образование звезд уже давно закончилось,— красные. Пользуясь этой теорией, возможно, удастся установить возраст обнаруженных объектов.

Кроме того, с помощью НТТ астрономы надеются получить спектр галактик ярче 24^m, что позволит измерить их красные смещения, т. е. скорость, с которой они удаляются, и расстояния, на которых они находятся. Тогда, длительное время наблюдая один и тот же участок неба, можно будет отличить относительно близкие карликовые галактики от гораздо более далеких нормальных галактик. Карликовые галактики с Z=0,5 должны быть достаточно плотно окружены большим числом сверхновых звезд. Напротив, в нормальных галактиках с Z=3 (и более) сверхновые наблюдаются гораздо реже. Поэтому сравнение изображений, полученных в разное время, позволит заключить, наблюдается ли сверхновая с коротким временем жизни или другой объект.

Итак, глубокий обзор неба, проведенный с помощью НТТ,— пример программы, которая будет находиться на переднем крае оптической наблюдательной космологии еще в течение десятилетий. Но этим не исчерпываются наблюдения, осуществляемые на этом уникальном телескопе. Вот еще два примера его деятельности. Один из них связан с наблюдениями за кометой Галлея, точнее, за той огромной вспышкой ($\sim 19^m$), которая была зарегистрирована в феврале 1991 г. Впервые на таком удалении от Солнца (более 14 а. е.) наблюдалось столь сильное испарение ядра кометы. Сравнив большое число изображений, полученных с помощью НТТ с середины февраля по середину апреля 1991 г., специалисты установили, что поверхностная яркость кометного облака стала значительно ослабевать, в то время как его размеры увеличились. Яркость центральной области комы вокруг 15-километрового ядра также падает. В основном облако состоит из частиц пыли, но могут присутствовать и небольшие количества газа.

Экстраполяция данных в прошлое позволила отнести «пик» вспышки к 3—21 декабря 1990 г. Трудно представить, что вся масса облака, оцениваемая в 100 тыс. т ($\sim 10^{-3}$ общей массы ядра кометы) была выброшена сразу. Более вероятно, что вспышка была достаточно продолжительной. Пока не установлена ее причина: нельзя исключить ни столкновения кометы с каким-либо космическим телом, ни внутреннего механизма извержения.

Другое направление деятельности НТТ — поиск малых планет. Недавно с его помощью была вновь обнаружена малая планета 878 («Милдред»), «потерянная» более 75 лет назад. Ее открыли в сентябре 1916 г. американские астрономы С. Николсон и Х. Шепли на самом большом по тем временам 60-дюймовом телескопе обсерватории Маунт Вилсон. До конца октября 1916 г. было проведено много наблюдений, которые позволили вычислить предварительную орбиту «Милдред», оказавшуюся довольно вытянутой и выходящей за пределы орбиты Марса. Поскольку объект был очень слабый, дальнейшие наблюдения за ним продолжить не смогли, и, несмотря на усилия астрономов разных стран, а также попытки, предпринимавшиеся в ЮЕО в 80-х годах, «Милдред» обнаружить не удалось.

В апреле 1991 г. наблюдатель ЮЕО О. Пицарро по просьбе бельгийского астронома Э. Элста следил за редким типом малых планет, так называемых троянцев, орбиты которых лежат вблизи Юпитера. Уже было выявлено несколько новых объектов этого типа. Когда Элст привез фотопластину в свой институт (Королевскую обсерваторию в Уккле, Брюссель), он обнаружил на ней изображения малой планеты; через несколько дней ее вычисленные координаты он передал в Бюро малых планет Международного астрономического союза. Здесь английский астроном Г. Уильямс, выполнив поистине «астро-детективную» работу, пришел к выводу, что одна из «новых» планет Элста вполне может быть давно потерянной «Милдред». Уильямс почти удостоверился в этом, обнаружив, что похожие наблюдения некой малой планеты проведены на Крымской астрофизической обсерватории Л. Журавлевой. Судя по всему, это была «Милдред». Окончательное доказательство получил Р. Макнайт (Сидингс-Спрингс обсерватория, Австралия), нашедший 25 мая 1991 г. изображение «Милдред» на фотопластине, полученной в этой обсерватории еще в апреле 1984 г. Через два дня астрономы ЮЕО идентифицировали еще три более слабых изображения малой планеты 878 на пластинах 1977 г.

ESO Press Release 05/91. 31 May 1991.

СОВЕТСКО-АМЕРИКАНСКИЙ ФОНД «КУЛЬТУРНАЯ ИНИЦИАТИВА» ОБЪЯВЛЯЕТ КОНКУРСЫ

1. На получение финансовой поддержки по Программе поездок молодых ученых, деятелей культуры и искусства, получивших из-за рубежа приглашение на научные конференции, семинары, симпозиумы или стажировку. Для участия в конкурсе необходимы: **заявление** с кратким обоснованием просьбы о поддержке; **смета расходов** в долларах США (не более 1000 долл. США; при стажировке более 20 дней — 1500 долл.); **краткая творческая биография; тезисы или аннотация работы,** которую предполагается выполнить в ходе поездки; **копия именного приглашения.**

Для лиц, предполагающих выехать за рубеж с 1 апреля по 30 июня 1992 г., срок подачи документов **до 31 декабря 1991 г.**; с 1 июля по 30 сентября 1992 г.— **до 31 марта 1992 г.**

На конверте просим делать пометку «Travel Program».

Документы не возвращаются, рецензии и отзывы не рассылаются.

2. Для аспирантов и студентов вузов последнего года обучения в возрасте до 26 лет на получение стипендии для учебы в Великобритании в течение академического года (с октября 1992 г.).

Ограничения возраста могут быть изменены для женщин, имеющих детей, и мужчин, служивших в армии.

ОКСФОРДСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ — 9-месячные стипендии аспирантам для исследовательской работы (без получения степени) в любой из областей знания, изучаемых в Оксфорде.

МАНЧЕСТЕРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ — 12-месячные стипендии аспирантам по программе политологических наук.

ЛОНДОНСКАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ШКОЛА — 9-месячные стипендии аспирантам и выпускникам вузов.

Требования к кандидатам: отличные оценки по специальности, обоснование необходимости обучения в Великобритании, свободное владение английским языком (прошедшие предварительный отбор должны пройти тест по английскому языку до заключительного собеседования).

Окончательный отбор проводят университеты Великобритании.

Подача документов до **31 декабря 1991 г.** Бланки анкет можно получить в Фонде (справки по тел.: 921-82-23).

Адрес: 107078, Москва, Большой Козловский пер., д. 13/17.

Ресничные простейшие — кто они?

С. В. Багоцкий

Сергей Владимирович Багоцкий, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории водных экосистем Института водных проблем АН СССР. Научные интересы связаны с моделированием водных экосистем и теорией эволюции. В «Природе» опубликовал статью: От молекулярного ламаркизма к дарвинизму (1990, № 11).

РЕСНИЧНЫЕ простейшие, в просторечии именуемые инфузориями, представляют собой преуспевающую группу живых организмов. Они широко распространены в толще воды, на дне, в почве. Есть среди них и паразиты.

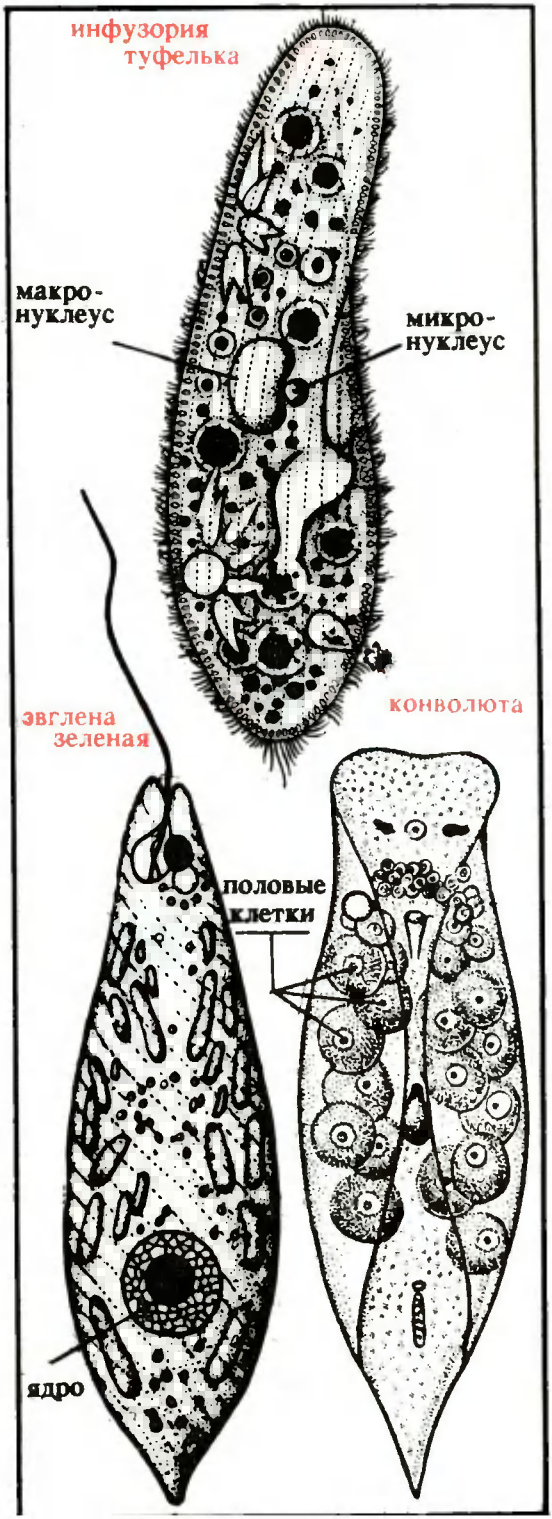
В XVIII в. инфузорий относили к червям. После того как в конце 30-х годов XIX в. была сформулирована клеточная теория, возникла мысль, что настоящие черви с огромным количеством клеток и инфузории, не имеющие в своем теле клеточных границ,— принципиально различные существа. В 1845 г. К. Зибольд сформулировал представление о простейших (Protozoa) как наиболее просто устроенных животных, состоящих всего из одной клетки. В дальнейшем инфузории (Ciliophora) получили статус класса в типе Protozoa.

Развитие цитологии вообще и изучение гигантских многоядерных клеток животных этого типа в частности непрерывно порождали сомнения в правомерности отождествления организма простейшего с клеткой многоклеточного животного. Вновь и вновь у исследователей появлялась мысль, что животные из типа Protozoa — не просто отдельные клетки, но нечто большее. Выдающийся русский зоолог В. А. Догель (1882—1955) развил концепцию полимеризации (увеличение количества) органоидов клетки как главное направление прогрессивной эволюции простейших. В результате эволюции этим путем формируется некий аналог многоклеточного организма, но без клеточных границ. Отдельное ядро и находящаяся в сфере его влияния цитоплазма могут рассматриваться как подобие клетки.

Некоторые более радикальные авторы высказывались решительнее, говоря, что сформировавшееся в рамках клеточной теории понятие о клетке применять к простейшим вообще бессмысленно. Подобная точка зрения рассматривалась как посягательство на клеточную теорию, однако в середине XX в. в этой теории произошла революция. Представление о клетках как единых однотипных «кирпичиках», из которых состоят все живые организмы, сменилось понятием о прокариотах и эвкариотах с принципиально разными типами клеток. После вышедшей в 1967 г. работы Л. Саган (Маргулис)[1] очень быстро распространилась гипотеза симбиотического происхождения митохондрий и хлоропластов, по которой эвкариотическая клетка соответствует не одной, а нескольким прокариотическим. Идейным завершением этой революции в цитологии явилась статья Л. Н. Серавина, предложившего отказаться от единого термина по отношению к прокариотическим и эвкариотическим клеткам[2]. Тем самым он признал, что это совершенно разные, несравнимые друг с другом образования. Любопытно, что подобное предположение было сделано не активным сторонником концепции симбиогенеза, а одним из немногих иссле-

[1] Sagan L. // J. Theoretical Biology. 1967. V. 14. N 3. P. 225—274.

[2] Серавин Л. Н. Место клетки среди живых систем // Организация, интеграция и регуляция биологических систем. Л., 1990. С. 3—23.



Инфузории и их возможные предки: жгутиконосцы (приведена эвглена зеленая) и плоские черви (приведена бескишечная турбеллярия — конволюта).

дователей, сохранивших по поводу этой концепции разумный скептицизм.

Итак, современная клеточная теория отказалась от представления о клетке, как универсальном «кирпичике». Сегодня общепризнано, что существуют два сорта «кирпичиков», которые Серавин предложил назвать **процитами** и **эоцитами**, отказавшись от традиционного, но на новом этапе развития цитологии достаточно неопределенного термина «клетка».

Возвращаясь к простейшим, зададим теперь принципиальный вопрос: можно ли рассматривать их как образования, построенные из слившихся «кирпичиков старого типа» (эоцитов), или же в их эволюции возник принципиально новый сорт «кирпичиков»?

Здесь уместно вспомнить об одной тенденции, прослеживаемой в систематике Protozoa,— неуклонное повышение таксономического ранга ресничных простейших. В первой половине нашего века они рассматривались как класс в типе Protozoa, затем стали подтипом, противопоставляемым всем другим Protozoa, а потом и типом, оказавшись, по существу, за пределами Protozoa. Параллельно возрастал таксономический ранг и других классов Protozoa (саркодовых, жгутиконосцев, споровиков), которые в настоящее время многими зоологами тоже рассматриваются как типы, однако повышение ранга инфузорий неизменно происходило раньше. Это отражало осознание того факта, что инфузории не такие, как все[3].

Попробуем сопоставить их с другими многоядерными простейшими из жгутиконосцев или саркодовых.

Прежде всего, у большинства инфузорий, в отличие от многоядерных простейших, ядер мало, но они различны: диплоидные микронуклеусы, участвующие в половом процессе, и высокоплоидные макронуклеусы, обеспечивающие непосредственное «оперативное руководство» функционированием клетки. Здесь сразу же вспоминается разделение на ядра генеративных и соматических клеток у многоклеточ-

[3] О масштабе различий между инфузориями и другими организмами свидетельствует и некоторая разница в словаре генетического кода: кодоны УАА и УАГ у инфузорий кодируют глутамин, а не означают окончание синтеза полипептидной цепи, как у всех организмов (См.: Caron F. // Microbiol. Sci. 1986. V. 3. N 2. P. 36—40.)

ных организмов. Но такая аналогия не вполне корректна: у инфузорий весь соматический генетический материал сконцентрирован, как правило, в единственном, сверхвысокоплоидном ядре.

Половой процесс у инфузорий и других простейших принципиально различен. У «обычных» простейших — это слияние клеток, а затем и гаплоидных ядер, у инфузорий — обмен гаплоидными ядрами между двумя неслившимися клетками (конъюгация). О возможных эволюционных причинах, приведших к появлению именно такой формы полового процесса, мы еще поговорим.

И, наконец, важная деталь. Из всех организмов, традиционно относимых к Protozoa, инфузории наиболее активны и подвижны, это весьма динамичные существа: они способны к очень сложным движениям, быстро меняют направление, могут ориентироваться в достаточно сложной обстановке. Все это свидетельствует о высоком уровне интегрированности организма инфузории, о наличии развитых механизмов управления, что хорошо согласуется с концентрацией всего оперативного генетического материала в одном или нескольких ядрах.

Основные тенденции в эволюции инфузорий и других простейших также различны. Главное эволюционное направление «обычных» простейших — полимеризация, ведущая к увеличению числа идентичных органелл; инфузорий же, как и многоклеточных животных,— олигомеризация, связанная со слиянием органелл, уменьшением их числа и усилением «разделения труда» между ними. Наиболее примитивные в эволюционном плане инфузории (Karyorelictida) характеризуются большим числом ядер и невысокой плоидностью макронуклеусов[4].

Думается, читатель уже сделал вывод, на который его наталкивает автор: с точки зрения цитологии, природа «обычных» и ресничных простейших принципиально различна. «Обычные» многоядерные простейшие представляют собой «сооружение», построенное из эвкариотических «кирпичиков», хотя границы между отдельными «кирпичиками» и отсутствуют. Инфузория же — это отдельный «кирпич» принципиально нового типа. Инфузории — не эвкариоты! Это новый тип клеточной организации. Именно в таком смысле можно говорить о неклеточности инфузорий (и только их).

Выведенным за пределы эвкариот инфузориям следовало бы дать название. Думается, что был бы уместен термин **«гиперкариоты»**, когда речь идет об организмах, и **«гиперциты»**, если мы говорим о клетках. В соответствии с этим инфузории должны противопоставляться не другим животным без клеточных границ, а животным, растениям и грибам вместе взятым. Такое противопоставление дает основания ходатайствовать о присвоении ресничным простейшим по меньшей мере ранга царства.

Любопытно, что тенденция формирования гиперкариотности наблюдается и в другой группе Protozoa — фораминифер. У некоторых из них ядра дифференцированы на микронуклеус и макронуклеус, хотя такое разделение и не зашло столь далеко, как у инфузорий. Возможно, в дальнейшей эволюции сформируются две эволюционно неродственные группы гиперкариот, подобно двум эволюционно далеким ветвям прокариот — эубактериям и архебактериям[5]. Но пока реально есть лишь одна группа гиперкариот — инфузории.

От каких организмов могли возникнуть гиперкариоты? За очень немногими исключениями авторы, рассуждающие о происхождении инфузорий, выводят их от каких-то жгутиконосцев, предполагая, что у эволюционных предков инфузорий никогда не было клеточных границ внутри организма. Возможно, это действительно так, однако подлинная ценность той или иной концепции выявляется лишь в столкновении с разумными альтернативами. Но хотя они и высказывались, ни одна из них фактически даже не обсуждалась.

Думается, традиционной точке зрения о происхождении инфузорий от жгутиконосцев можно противопоставить представление о возникновении инфузорий от многоклеточных плоских червей, в ходе которого клеточные границы исчезли, а соматические ядра слились в единый макронуклеус, обладающий сверхвысокой плоидностью.

Гипотеза о происхождении инфузорий от многоклеточных животных, утерявших клеточные границы, была высказана в 1924 г. И. И. Месяцевым[6] (1885—1940). Подавляющим большинством зоологов она никогда не воспринималась всерьез и даже не обсуждалась. Видимо, основная причина этого — сложившееся со студенческих времен у каж-

[4] Райков И. Б. Кариология простейших Л., 1967.

[5] Woese C. R., Fox G. E. // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 1977. V. 74. N 11. P. 5088—5090.

[6] Месяцев И. И. // Русский архив протистологии. М., 1924. Т. 3. С. 33—43.

дого зоолога представление о морфологическом прогрессе и регрессе: многоклеточность всегда прогрессивнее одноклеточности. Противоположная гипотезе Месяцева концепция — о происхождении многоклеточных животных от многоядерных простейших — выдвигалась не раз[7], и хотя подвергалась серьезной критике[8], но все-таки обсуждалась в научной печати. Гипотеза Месяцева рассматривалась лишь как курьез, недостойный даже оппонирования со стороны серьезных ученых. Представить возможность морфофизиологического регресса такого масштаба у свободноживущих и активноподвижных животных большинство авторов, видимо, просто не могли.

Но действительно ли эволюционный переход «плоские черви — инфузории» можно считать морфофизиологическим регрессом? Думается, нет. В морфофизиологическом отношении инфузории, обладающие исключительной интегрированностью, организма, пожалуй, совершеннее плоских червей, особенно бескишечных (Acoela) — наиболее вероятных претендентов на роль предков инфузорий. Связывать морфологическую прогрессивность-регрессивность с наличием или отсутствием клеточных границ в данном случае некорректно, даже если не учитывать, что плоские черви — это эвкариоты, а инфузории вырвались на другой уровень клеточной организации. За счет утери клеточных границ инфузории могли получить морфофизиологический выигрыш, с лихвой компенсировавший потери.

В конце 30-х годов советский гидрофизик, будущий академик, В. В. Шулейкин с коллегами рассчитали сравнительную эффективность различных механизмов движения животных разного размера[9]. Оказалось, при размерах менее миллиметра наиболее эффективно движение с помощью ресничек, при более крупных — с помощью мышц.

Мышечное движение связано с многоклеточностью, для ресничного же многоклеточность по меньшей мере бесполезна, а вероятно, и вредна. Подтверждение этого мы получим, сравнив степень биологического преуспевания мелких плоских червей, движущихся преимущественно за

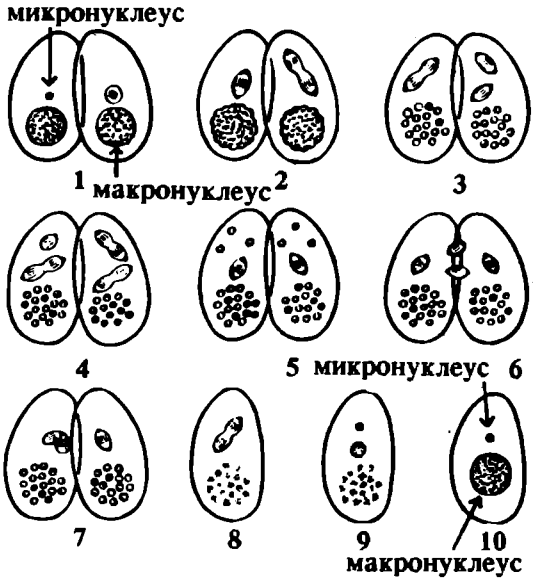


Схема конъюгации инфузорий. Две инфузории соединяются (1—7) на какое-то время, за которое ядерный аппарат претерпевает существенные изменения. Макронуклеус распадается (3—9) и постепенно рассасывается в цитоплазме; микронуклеус каждой особи сначала дважды делится мейотически (2—5) с образованием четырех гаплоидных ядер (5), три из которых разрушаются, а четвертое снова делится. В результате в каждом конъюганте образуется по два ядра (6), или пронуклеуса,— мужской и женский. Первый переходит в соседнюю особь и сливается с женским (7), и образовавшийся у каждой особи (они уже разошлись) синкарион митотически делится (8) один, два или три раза. Часть возникших при этом ядер становится микронуклеусами, другая преобразуется в макронуклеусы. Ядерный аппарат инфузории восстанавливается, после чего может начаться бесполое размножение (по: Догель В. А. Зоология беспозвоночных. М., 1981. С. 77).

счет ресничек, и инфузорий. Последних значительно больше, как по численности, так и по количеству видов.

В ходе эволюции мелкие плоские черви, видимо, оказались «на распутье». Те формы, которые сделали основную ставку на мышечное движение, должны были вырасти за счет увеличения числа клеток и создать систему интеграции, свойственную многоклеточным организмам. Так возникли «высшие» турбеллярии и гигантские немертины. Формы, выбравшие ресничное движение, должны были меняться в противоположном направлении: уменьшиться в размерах, утерять клеточные границы, сформировать механизмы интеграции, эффективные при отсутствии таких границ. Иными словами, это направление эволюции должно вести к животным, подобным инфузориям.

[7] Hadzi J. The Evolution of the Metazoa. Oxford, 1963; Hanson E. D. The Origin and Early Evolution of Animals. London — Melbourne, 1977.

[8] Иванов А. В. Происхождение многоклеточных животных. Л., 1968.

[9] Шулейкин В. В., Лукьянова В. В., Стась И. И. // Докл. АН СССР, 1939. Т. 22; № 7, С. 424—429.

Интересно, что у бескишечных плоских червей тоже часто наблюдается исчезновение клеточных границ.

С экологической точки зрения, возможность вывести инфузорий от какой-либо группы многоядерных жгутиконосцев представляется очень проблематичной, так как их многоядерность и многожгутиковость связаны с паразитическим образом жизни. В мире животных нет достоверных примеров происхождения свободноживущих высокоактивных форм от паразитов. Нет оснований считать, что и инфузории составляют исключение.

Как уже упоминалось, для них характерна весьма специфичная форма полового процесса — конъюгация, при которой две инфузории обмениваются гаплоидными ядрами. В результате слияния собственного и пришедшего извне ядер образуется новый микронуклеус. Конъюгация инфузорий — это половой процесс без размножения. У жгутиконосцев он принципиально иной — обычное слияние двух половых клеток. Однако можно провести некоторые любопытные аналогии между половым процессом у инфузорий и плоских червей. Последние обоеполы, при спаривании мужские половые клетки переходят от одного полового партнера к другому, женские же остаются в том организме, в котором образовались. Спаривание плоских червей внешне напоминает конъюгацию инфузорий: идентичные в половом отношении особи соединяются (у некоторых инфузорий полы дифференцированы, но таких немного), после чего обмениваются гаплоидными ядрами. Правда, плоские черви откладывают оплодотворенные яйца во внешнюю среду, в то время как ядра родительского организма инфузорий просто заменяются ядрами потомков. Таким образом, половой процесс, оторванный от размножения, сводится к замене генетического аппарата родителей генетическим аппаратом потомка, а родительский организм постепенно перестраивается в соответствии с новой наследственной информацией. Такое эволюционное решение уникально, но ведь уникальна и сама эволюция инфузорий.

Тем не менее особенности их конъюгации, так же как и наличие бесполого размножения, наводят на мысль об их родстве с плоскими червями. Однако против происхождения инфузорий от многоклеточных животных может свидетельствовать наличие у первых органоидов, которые свойственны и другим простейшим, но отсутствуют у многоклеточных. Нужно внимательно разобраться, доказывает ли это родство инфузорий с другими простейшими или же общие закономерности строения этих существ, лишенных клеточных границ.

Еще одна черта, сближающая инфузорий с простейшими,— деление микронуклеуса без растворения ядерной оболочки. Этот так называемый закрытый митоз у простейших нередок, но почти несвойствен многоклеточным. Думается, однако, что и закрытый митоз инфузорий вполне мог возникнуть вторично из характерного для многоклеточных открытого митоза, чтобы дополнительно защитить геном сверхактивного одноклеточного организма. Напомню, первичность закрытого митоза в последние годы оспаривается рядом авторов[10].

Приведенные соображения вряд ли можно считать однозначным доказательством происхождения инфузорий от плоских червей. Они свидетельствуют лишь о том, что традиционная точка зрения о возникновении этих ресничных «простейших» от жгутиконосцев имеет заслуживающую рассмотрения альтернативу.

Подведем некоторые итоги. Наряду с клетками прокариот (процитами) и эвкариот (эоцитами) можно выделить третий тип — клетки гиперкариот (гиперциты). Среди прокариот, эвкариот и гиперкариот есть и одноклеточные, и колониальные формы. Но лишь эвкариоты в качестве главного направления эволюции избрали переход от колониальности к подлинной многоклеточности и формированию организмов макроскопического размера.

Роль гиперкариот в биосфере, разумеется, не сопоставима с ролью прокариот и эвкариот, тем не менее они нашли себе достаточно удобное место в природе. Однако конкуренция с многоклеточными эвкариотами делает фактически невероятным выход гиперкариот на широкий эволюционный простор, связанный с увеличением размеров, формированием настоящих многоклеточных организмов и всеми вытекающими последствиями. Возможно, этому помешала и излишняя сложность гиперцита.

Читатель может не согласиться с теми или иными положениями, высказанными в статье. Однако вряд ли он может усомниться в том, что инфузории — одна из наиболее интересных с общебиологической точки зрения групп живых организмов.

[10] См., например: Серавин Л. Н. // Цитология. 1986. Т. 28. № 9. С. 899—910.

Культурные архетипы, или Знание до познания

С. Б. Крымский

Сергей Борисович Крымский, доктор философских наук, профессор, главный научный сотрудник Института философии АН УССР. Область научных интересов — методология науки и теория культуры. Монографии: Генезис форм и законов мышления (Киев, 1962); Научное знание и принципы его трансформации (Киев, 1974); Мировоззренческие категории в современном естествознании (в соавторстве, Киев, 1983); Рациональность в науке и культуре (в соавторстве, Киев, 1989).

Становится очевидно, что бездумный оптимизм по поводу результатов научно-технического прогресса должен смениться более трезвыми размышлениями над его результатами. Среди многих других всплывает и такой крамольный вопрос: а столь ли уж революционна современная наука, та самая, которая каждые пять лет удваивает свой информационный массив? Ведь революция в науке — это не только прорыв в сферу нового, неожиданного, но и ассимиляция всей системой цивилизации результатов этого прорыва. Вот почему известный физик П. С. Эренфест (лично знавший лидеров естествознания XX в.) на вопрос, что отличает А. Эйнштейна и Н. Бора как творцов новых неклассических концепций от обычных физиков, ответил: «Их можно назвать консерваторами», ибо «для них новые вещи являются необходимыми потому, что они хорошо знают старое» и видят логические пути выхода из него к новым объяснениям[1].

В поисках такого логического выхода к новому через преемственность, традицию, соответствие с «инвариантным» ядром интеллектуальных достижений цивилизации и заключается научная ценность инновационной деятельности. Через культурно-историческую традицию она становится не просто научно-исследовательским поиском в направлении, избранном наугад, но эвристикой, ориентированной исследовательскими программами конкретных наук и опытом культуры.

ПРООБРАЗЫ НАУЧНЫХ ИДЕЙ

В современных историко-научных и методологических исследованиях все более нарастает интерес к «сквозным» идеям науки, обладающим не просто стабильностью или инвариантностью, но находящимся, подобно деньгам, в непрерывном обороте, в состоянии, альтернативном неподвижности клада. Такие идеи не просто сдерживают стихию революционной ломки фонда знаний, но прочерчивают своего рода «геодезические линии» их развития, связывая открытия «завтрашнего дня» с их предвидением.

Самые животрепещущие идеи науки, как правило, имеют прообразы (точнее, аналоги в форме догадки или фантастических предвосхищений) в истории культуры. Притом, чем более фундаментальна идея, тем больше культурных аналогов или прообразов она насчитывает в прошлом. Самые важные из них, типа атомизма и эволюционизма, сохранения материи и движения, симметрии и гармонии, эфира и континуальности, вакуума (небытия) и бездны (меона), пронизывают вообще всю историю цивилизации, проходя путь от мифотворческих или философских догадок и художественных прозрений до строгих науч-

[1] Цит. по: Андронов А. А. // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1945. Т. 9. № 1—2. С. 32.

ных фактов и принципов современной научной картины мира.

Идея хаоса и порядка предшествует даже появлению цивилизации (в ее археологическом понимании) и нисходит до космогонических образов самой архаической мифологии. Это не мешает ей быть базисным принципом неклассической термодинамики и современной синергетики. В эвристическом отношении можно связать, далее, эпикуровские отклонения атомов со спонтанными нарушениями симметрии в квантовой физике. В равной мере имеет культурную предзаданность и идея гелиоцентризма. Исторически она ассоциируется с древнейшими образами метафизики света, понимаемого как источник сущего. В этом смысле Солнце как светоносное начало рассматривалось в качестве центра мироздания (у пифагорейцев, Прокла, Вителло), а впоследствии аллегорически определялось как Христос земного мира. Вот почему Галилей в своем обосновании гелиоцентризма ссылается на Книгу Бытия и 18-й псалом.

Сквозной для культуры является идея четырех всеобщих стихий, возрожденная в современных концепциях поисков «великого объединения» физических полей. Касаясь этого обстоятельства, известный историк науки Дж. Холтон писал, что современная теория объединения фундаментальных взаимодействий в методологическом плане «явно напоминает о старой четырехкатегорной схеме, на протяжении более чем 2000 лет успешно помогавшей рационализировать наблюдаемые явления; в ее основе лежит идея четырех элементов»[2]. В этом же контексте В. Паули сравнивал тетрактиду пифагорейцев с четырехкатегорной классификацией элементарных частиц.

Столь же глубоко прорастают в прошлое культуры предпосылки одной из самых авангардных концепций современной физики — теории суперструн (одномерных релятивистских объектов, помещенных в 10-мерное пространственно-временно́е многообразие). В ней при характеристике локализации глюонных полей вдоль линий, соединяющих кварки, проводится «идея использования струн как моделей для описания частиц». При этом масштаб масс частиц вводится через параметр натяжения струны[3]. Примечательно здесь с историко-научной точки зрения то, что указанные образы, по признанию самих адептов теории суперструн, модельно схожи с пифагорейским видением музыкальной гармонии мира, в которой «все бытие в целом было аналогично разнообразно натянутым струнам»[4].

Почти вековечна для истории науки конкуренция двух направлений математизации изучаемых явлений: арифметизации (пифагорейской идеи эффективности объяснений, основанных на целых числах) и геометризации (идеи Платона о том, что «Бог всегда геометризует», завершаемой в настоящее время принципами геометриодинамики).

Показателен в смысле причастности к первоосновам культурно-исторического формирования картин мира феномен проблемной заданности динамического и вероятностного стилей творческого мышления. Так, если воспользоваться некоторыми характеристиками развития атомизма из докторской диссертации Маркса, может показаться, что они относятся к современным научным спорам, поскольку речь идет о сравнении картины мира, «которая все сводит к необходимости», с концепцией, в которой «принципом сознания оказывается лишь возможность, случай»[5]. В действительности же, как известно, Маркс пишет о дифференциации античного атомизма на два, по его выражению, «способа объяснения», в рамках которых «Демокрит признает необходимость, Эпикур — случайность»[6].

В средние века субстанциональный (динамический) и стохастический стили мышления принимают религиозную окраску (в связи с проблемой «может ли Бог нарушить законы природы») и выражаются в противостоянии детерминистической концепции Сигера Брабантского и индетерминизма Этьена Тампье. Последний в своих теологических запретах 1277 г. провозглашает многообразие явлений и возможность преодоления естественной необходимости через свободную волю человека.

СЕМАНТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ КУЛЬТУРЫ

Культурно-историческая предзаданность (в образно-архетипическом духе) основных идей современной науки столь основательна, что мощность культурной традиции в подготовке той либо иной идеи, точнее, число прообразов, которые ей предшествуют, может рассматриваться как пока-

[2] Холтон Дж. Тематический анализ науки. М., 1981. С. 33.
[3] Владимиров Ю. Г. Пространство и время: явные и скрытые размерности. М., 1989. С. 181.
[4] Лосев А. Ф. История античной эстетики (ранняя классика). М., 1963. С. 259.
[5] Маркс К. Различие между натурфилософией Демокрита и натурфилософией Эпикура // Маркс К. и Энгельс Ф. Из ранних произведений. М., 1956. С. 40, 164.
[6] Там же. С. 166.

затель ее фундаментальности. Чем значительнее идея, тем глубже она прорастает в семантическое поле культуры, тем более длительной и обстоятельной оказывается ее подготовка.

Явственней эта закономерность выступает в гуманитарных науках. Как остроумно заметил тот же Холтон, многие мыслители подобны птицам, которые в своих концертах повторяют фигуры пения, генетически характерные для всего их рода.

Например, идея Троицы проходит сквозь весь массив культуры не только в формах мифологически-магического использования числа 3 и христианско-религиозной концепции триединства божественного начала, но и в русле формирования центрального принципа гегелевской диалектики: тройственной природы противоречия (в котором две полярности опосредуются третьим моментом, своим единством) и трехфазности развития (тезис, антитезис, синтезис). Специфически проявились споры о христианской Троице и в теории множеств. В последней проблема двойственного понимания множества как свойства, общего всем его элементам, и как совокупности элементов оказывается аналогичной трактовке Троицы и как свойства божественности, присущей всем ее ипостасям, и как неслиянного единства трех лиц (Бог-отец, Сын и Святой Дух).

Проблема второго лица Троицы и связанная с ней проблема очеловечивания Бога вошли также в культурный фон формирования гносеологической теории абстракций. Как подчеркивает В. Гейзенберг, споры о возможности чувственно-предметного воплощения непостижимой природы Бога подготовили проблемное поле методологических идей о переводе теоретического языка абстракций на язык наблюдений.

В этом контексте можно обнаружить и древнейшие исторические аналоги теории отражения. Дело в том, что проблема бытия и его подобия нисходит к религиозно-христианскому спору о подобии ипостасей Троицы. Так, арианская ересь утверждала идею «единоподобия» второго лица Троицы в противоположность ортодоксальному рассмотрению его как «единосущего» с Богом-отцом. Церковный канон только дьяволу приписывал тезис подобия: «Будьте как боги». Соответственно отрицалась возможность для человека уподобиться Богу. В дальнейшем идея отражения развивалась в русле алхимической концепции познания подобного подобным. В истории философии эта идея протягивается от античного мимезиса (подражания природе) до Локка и Дидро, а в XX в. рядом советских философов она приписана Ленину, который лишь воспользовался арсеналом материалистической традиции, в том числе домарксистской идеей отражения, для борьбы с махизмом. Диалектический материализм, как известно, ставит вопрос об адекватности познания реальности, имея в виду не только согласование (отражение), но и противоречие между идеальным образом и объектом, которое решается или практическим изменением объекта в соответствии с понятием о нем, или изменением понятия с помощью метода, сложного пути образования абстракций.

Приведенный материал дает возможность заключить, что, по-видимому, в историческом бытии культуры заложены образы, рассчитанные на весь маршрут человеческой истории. Не случайно, например, филологи находят структурные аналоги между похождениями героя «Улисса» Джойса на улицах Дублина и мифами аборигенов Австралии о странствиях своих героев-предков. Характерен в этом отношении и рассказ композитора Альфреда Шнитке о странных совпадениях, случившихся с ним в съемочном павильоне «Мосфильма». Ему было предложено озвучить документальную киноленту об авиационном параде в Тушине, в частности, эпизод с виражами спортивных самолетов. Желая представить принципиальную возможность согласования фигур этих виражей с музыкальным сопровождением, композитор попросил включить любую запись, которая имеется под рукой у режиссера. Случайно такой записью оказалась «Лунная соната» Бетховена. Тем поразительнее был эффект: буквально каждое движение самолетов в воздухе совпадало с движением мелодии, с фигурами музыкального развития.

Аналогичный эпизод произошел и при озвучивании фильма Э. Климова «Спорт, спорт, спорт», когда заранее заготовленный композитором гавот в стиле клавесинной музыки Куперена и Рамо совпал с кадрами, изображавшими спортивные движения XX в. Совпало все, пишет Шнитке, «границы периодов с монтажом, движения, акценты, как будто это одно для другого предрешено. Я пришел к выводу, что существуют какие-то эмоционально-динамические модели, какие-то архетипы, число которых ограничено, и, вероятно, при монтаже эпизода режиссер попал именно в этот архетип, так же, как когда-то — композитор, занимаясь совсем другим делом»[7].

[7] Разлогов К. Э., Храмичев В. Ю. // Вопр. философии. 1988. № 2. С. 140.

К идее архетипов культуры не раз обращались многие мыслители и творцы. Впервые в отчетливой форме она была высказана Платоном, который ссылался на некий первичный мир идей как сферу вечных прообразов познания. В более рациональной форме концепцию пролепсиса как некоего предрасположения познания к определенным идеям развили стоики. Идею «путеводных образов» отстаивал Данте. С различных, но близких по результату позиций о праформах говорили И. Кеплер, И. В. Гете, В. Паули. О фундаментальных геометрических структурах бытия писал В. Гейзенберг. Идею «вневременных» мифологических схем жизни отстаивал Т. Манн. Наконец, в научно систематизированной форме теорию архетипов развил К. Г. Юнг.

Под архетипом Юнг понимал некие символические схемы «коллективного бессознательного», которые, однако, извлекаются не из социального взаимодействия познающих субъектов, а из глубин их подсознания. Имеется в виду, что чем глубже человек опускается в недра своей психики, тем очевиднее на передний план выступают не индивидуальные, а коллективные представления человеческого рода. Коллективное, тем самым, находится внутри человека и его психического опыта. «Говорящий прообразами,— подчеркивает Юнг,— говорит как бы тысячей голосов, он пленяет и покоряет, он поднимает описываемое им из однократности и временности в сферу вечносущего, он возвышает личную судьбу до судьбы человечества и таким путем высвобождает в нас все те же спасительные силы, что извечно помогали человечеству избавиться от любых опасностей и превозмочь даже самую длинную ночь».

Архетипы как символические конструкции через интерпретацию дешифруются в различные образные представления, но не тождественны им. Образные представления архетипов не врожденны. Архетипы свидетельствуют лишь о возможности преформации представлений, предрасположенности познания к последним или даже о врожденной способности к таким представлениям. Поэтому, пишет Юнг, «прообраз или архетип есть фигура — будь то демона, человека или события,— повторяющаяся на протяжении истории везде, где свободно действует творческое воображение»[8].

В силу символичности архетипов они характеризуются неисчерпаемостью смысла, способностью порождать различные образы и их вариации. Здесь смысл оказывается выше познающего субъекта, а несущий его символ превращается, по выражению Юнга, в «укор» нашей способности осмысления и вчувствования. Эта символичность и сближает прообразы с мифом как формой архетипического освоения бытия. В нем архетип, по словам Т. Манна, предстает «как изначальный образец, изначальная форма жизни, вневременная схема, издревле заданная формула, в которую укладывается осознающая себя жизнь, смутно стремящаяся вновь обрести некогда предначертанные ей приметы»[9].

СЕГОДНЯ ЧЕРЕЗ ЗАВТРА

Исследование культурной антиципации (предвосхищения) научных идей позволяет вывести некоторые закономерности, проливающие свет и на функционирование архетипов. Речь идет об античной формуле «будущего характера раннего», согласно которой явления, обнаружившие себя заметным образом на первоначальном этапе развития, обязательно разовьются на завершающих фазах процесса в господствующие формы. «Начало» как бы диалектически взаимодействует с «концом» в виде первичной потенциальности и завершающей актуальности.

Вот почему, к примеру, социализм как результат господствующей тенденции мирового развития большинства передовых стран XX в., своеобразно проявляющийся в разных социальных организмах Запада и Востока Европы, олицетворяет «сквозной» для истории цивилизации идеал справедливого общества. Становится понятным, допустим, и совпадение Закона о собственности на землю, принятого в 1990 г. Верховным Советом СССР, с земельным законом древней Спарты, где тоже землей можно было владеть без права продажи, но с передачей по наследству.

Рельефным проявлением «будущего характера раннего» может служить пещерная живопись Ориньяка, которая обнаруживает поразительное сходство с живописью Пикассо. «Палеолитическое искусство,— пишет по этому поводу З. А. Абрамова,— возникает как яркая вспышка пламени в глубине веков. Необычайно быстро развившись от первых робких шагов к полихронным фрескам, искусство это так же резко исчезло. Оно не находит себе непосредственного

[8] Юнг К. Г. Об отношении аналитической психологии к поэтически-художественному творчеству // Зарубежная эстетика и теория литературы. XIX в. М., 1987. С. 229, 230.

[9] Манн Т. Иосиф и его братья (доклад) // Соч. Т. 9. М., 1960. С. 175.

продолжения в последующие эпохи... Остается загадкой, как палеолитические мастера достигли высокого совершенства и какими были те пути, по которым в гениальное творчество Пикассо проникли отголоски ледникового периода»[10].

Объяснить такие феномены архетипами невозможно. Здесь, по-видимому, действуют более глубинные процессы, связанные с закономерностями времени, его способностью образовывать так называемые «петли антиципации». Неклассическая термодинамика, которая, как считают физики, наиболее близка к эмпирическому исследованию времени, раскрывает такие объективные закономерности протекания временных процессов в нелинейных, самоорганизующихся системах, которые выводят феномен антиципации из зоны случайных совпадений или психологических аберраций. Как пишет специалист в этой области С. П. Курдюмов, исследование самоорганизующихся систем показало, что в некоторых их точках «процессы идут так, как они шли во всем объеме системы в прошлом, а в некоторых — так, какими еще только им предстоит протекать в будущем во всей структуре. В то же время все эти участки существуют в настоящем. Это не просто рассуждение, но вполне точный математический результат. И в древних учениях мы тоже находим указание на то, что будущее и прошлое переплетаются в настоящем»[11].

Такого рода композиции настоящего, прошлого и будущего в их одновременном проявлении характерны, как подчеркивает Курдюмов, для процессов саморазвития, с их способностью выявлять скрытые потенции самоорганизующихся систем. «Древние мудрецы,— продолжает он,— понимали это, как ни обидно, куда лучше нас, идея саморазвития сущего была им доступна, более того, определяла их философию, их мировоззрение. На Древнем Востоке, в Элладе философы развивали идеи о непроявленных потенциальных формах, скрытых в едином начале».

Культура и является особым подтипом такой самоорганизующейся системы, способной к саморазвитию. А саморазвитие не идет от точки к точке. Оно осуществляется так, что с самого начала забрасывается вперед вся потенциальная сеть целого. Дальнейшее развитие лишь актуализирует отдельные ее звенья, раскрывая потенции целого по сегментам, подобно лепесткам цветка. Это особый, нелинейный мир, где потенциальное соседствует с реальным, инициируя «сегодня» через «завтра», где «заря будущего мирно пасется рядом с тенями прошлого» (В. Хлебников). Вот почему в Древней Греции мы, по выражению Гегеля, «чувствуем себя дома»[12]. Мы находим в ней начала всех форм европейской культуры.

Культура как искусственная действительность человека, реальность второго рода, создает объективное смысловое поле человеческого бытия, те «общественно значимые, следовательно, объективные мыслительные формы», о которых писал Маркс[13]. В этом объективном смысловом поле и оказывается возможным существование (в потенциальной или даже актуальной форме) архетипов той или иной деятельности, т. е. опрокинутых в прошлое контуров будущего. Юнг не случайно сравнивал их с осями кристалла, с теми невидимыми (не эмпирическими) геометрическими параметрами, которые определяют в растворе физически зрелые кристаллические фигуры.

Через подобные механизмы контурного, преформистского присутствия будущего в прошлом и настоящем смысловое поле культуры определяет самые невероятные совпадения сюжетов, образов и моделей в творческом процессе. В нем задано то «вечное будущее», в котором одни события могут накладываться на другие, замещать их, выступать масками и символами друг друга. А это позволяет определить метод архетипов как логический прием упорядочивания изучаемых явлений по схеме «фигура — исполнение». В такой схеме событие Б рассматривается как обнаружение и реализация смысла события А, которое тем самым оценивается как аллегорическое прозрение события Б. Событие А предстает не только как некий реальный феномен, обладающий собственным смыслом, но и как символическая фигура несобственного, аллегорического смысла, относящего его к событию Б как исполнению, реализации этих аллегорий. Так, в средние века история предстает перед людьми через символические конструкции Ветхого завета, наполняющиеся смыслами Нового завета. Каждое ветхозаветное событие рассматривается как аллегорическая фигура, которая реализуется в событиях пришествия Христа и Страшного суда.

Примечательно, что в средние века

[10] Абрамова З. А. Древнейшие формы изобразительного искусства // Ранние формы искусства. М., 1972. С. 28.
[11] Курдюмов С. П. // Знание — сила. 1988. № 11. С. 40.
[12] Гегель Г. Философия истории // Соч. Т. 8. М.— Л., 1931. С. 211.
[13] Маркс К. Капитал // Маркс К. и Энгельс Ф. Соч. Т. 23. С. 85.

жизнь человека, социально и психологически, строилась таким образом, что по «эффекту Кассандры» (самосбывающегося предсказания) в смысловом поле культуры действительно «исполнялись» некоторые библейские пророчества. Структура средневековой мистерии как бы совмещалась со структурой средневековой истории. Это оказывалось возможным потому, что символический строй культуры позволял через свое смысловое поле объективировать архетипические структуры сознания.

«ПРЕЖДЕ ГУБ УЖЕ РОДИЛСЯ ШЕПОТ»?

В объективном смысловом поле культуры символические образы выступают как прозрение, знаковые негативы событий, проявляющиеся как оптическая реальность особого художественного видения мира. В таком видении искусство оказывается не изобретением, а вещанием о мире, в котором струны сами рокочут, а за каждым словом, по выражению Гауптмана, стоит праслово. Здесь осуществляется та модальность души, которая позволила, по Мандельштаму, предполагать, что «быть может, прежде губ уже родился шепот и в бездревесности кружился лист», а Малларме — искать подлинность искусства в догомеровских временах поэтики Вед. Здесь становится очевидным, что «современность: всевременность, а не временность»[14], а «разум постигает то, что душа уже знает»[15].

Обращение к архетипам не означает возврата в прошлое. Это особый методологический ракурс, в котором благодаря превращению прошлого в символ творится смысл будущего. Архетипы — это культура впереди нас.

Благодаря смысловому полю культуры символическая конструкция архетипа может соотноситься не только с психическими состояниями, но и со всем многообразием человеческой деятельности, в том числе художественным и научным творчеством.

Архетипы знаменуют символическое переживание запредельного и интуитивного, которое не исключает рационализации в психических формах сознания и понятиях физической картины мира. Например, «самость» Юнга как символ упорядоченного целого (знак мандалы) может по смыслу совмещаться с теми собственными представлениями (состояниями) универсального поля, которое ищут физики и на путях «великого объединения» взаимодействий. Символы всеобщих стихий сводят в один смысловой ряд античные образы воды и «плазменной жидкости», земли и понятия вещества, метафору огня и понятие энергии, образ воздуха и аллегории хаоса.

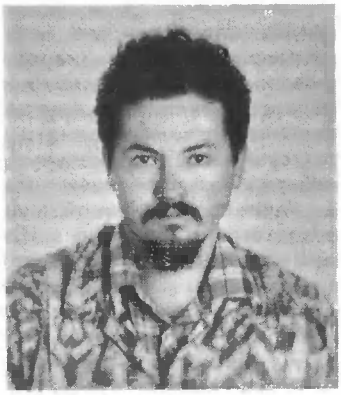
С точки зрения такой рационализации всеобщих символов психики и культуры крупнейший физик XX столетия В. Паули проецировал метод архетипов на весь строй человеческого познания. «Процесс познания природы,— писал он,— так же, как и ощущение счастья, испытываемое человеком при познании, то есть при усвоении его разумом нового знания, основываются, по-видимому, на соответствии, совпадении предсуществующих, внутренних образов человеческого мышления и внешних вещей и их сущности... Поскольку эти образы оказываются «выражением предчувствуемой, но еще не познанной сущности», их, в соответствии с введенным Юнгом определением символа, можно назвать символическими. В этом мире символических образов архетипы действуют как упорядочивающие операторы и формирующие факторы и одновременно исполняют роль того самого искомого моста между чувственными восприятиями и идеями. Поэтому они являются важной предпосылкой возникновения естественнонаучных теорий. Однако следует еще позаботиться о том, чтобы перенести априорное знание в область сознательного и установить его связь с рационально формулируемыми идеями»[16].

Такой подход, увязывающий архетипы с основами научного познания, позволяет подойти по-новому к анализу функционирования в культуре таких универсальных аллегорий, как троичность бытия, символика противоположностей (света и тени, верха и низа, солярного и хтонического, плоти и духа и т. д.), символы проекций и отражений, разумного порядка (софийности) и хаоса, завершенности круга и неопределенности лабиринта и т. д. Способность этих универсальных символов выступать базисной предпосылкой для предметных интерпретаций в масштабах всей цивилизации свидетельствует о возможностях получать знание до познания в обычном смысле, о знании, извлекаемом из сфер бессознательных символических переживаний или полученных путем эмпатии (чувственного приобщения к объекту, воображаемого «вхождения» в него, рассмотрения субъекта в позиции исследуемого объекта). Такие ситуации и делают необходимым рассматривать познание в тех формах, которые оно приобретает в культуре.

[14] Цветаева М. // Юность. 1987. № 8. С. 18.
[15] Осетров Е. Поэзия прозы // Правда. 1989. 29 мая.
[16] Паули В. Физические очерки. М., 1975. С. 138.

Судьба идеи геодетерминизма

М. В. Войлошников



Максим Витальевич Войлошников, сотрудник Института географии АН СССР. Занимается вопросами социально-экономической и исторической географии.

Земля близка к тому, чтоб сделаться непригодной для лучших своих обитателей, и если человек будет продолжать по-прежнему свою преступную и непредусмотрительную деятельность, то земная поверхность может дойти до такого расстройства, оскудения производительности и до таких климатических крайностей, что последствием этого может быть совершенное извращение, одичание и даже исчезновение людей.
Дж. П. Марш. «Человек и природа»

КНИГЕ, строки из которой вынесены в эпиграф, исполнилось 125 лет. Но предостережению современникам, прозвучавшему в ней, суждено было стать пророческим и для потомков. Автор книги — американец, уроженец Новой Англии, человек удивительно одаренный и разносторонний — юрист и конгрессмен, биолог, географ и политик. Марш одним из первых высказал мысль о необходимости гармонии взаимоотношений природы и человека.

Путь становления экологического сознания человечества долог — от инстинктов первобытного общества до научных концепций. Однако в чрезвычайной актуальности идей Марша через столетие проявляется и своеобразная цикличность этого развития: оно подобно движению маятника, раскачивающегося между иллюзиями абсолютной независимости человека от природы и мрачным осознанием полной предопределенности жизни людей их природным окружением.

География — древнейшая из наук об окружающей среде. В ее истории достаточно подробно освещено это движение «экологического маятника», оно прослеживается в виде противоборства идей географического детерминизма, концепции, признающей объективную взаимосвязь между обществом и географической средой, и географического индетерминизма.

Влияние условий среды на жизнь человека словом «геодетерминизм» впервые

обозначил французский философ Ш. Монтескье в книге «О духе законов» (1748). К этому времени, по сравнению с XVI в. население Франции удвоилось, однако феодальная структура общества и технологии оставались прежними, и аграрно перенаселенная страна находилась в состоянии кризиса. Размышляя о законах, движущих развитием цивилизации, о причинах кризиса и путях выхода из него, Монтескье пришел к выводу, что преуспеяние одних стран и упадок других во многом объясняют природные условия, обусловливающие особенности физиологии, темперамента и национального характера людей. Так, например, он считал, что у жителей жаркого климатического пояса осязательные клетки ближе расположены к поверхности кожи, поэтому они темпераментны, легко возбудимы, северяне же менее чувствительны, спокойны, упорны, способны выдерживать большие нагрузки.

Отношение философов к идее геодетерминизма мотивировалось конкретной общественно-исторической обстановкой, их окружавшей. Житель благополучной юнкерской Восточной Пруссии И. Кант считал, что особенности пространства и времени должны изучать различные науки — география и история, и влияние географии на историю он не рассматривал. Ф. Гегель, живший несколько позднее и наблюдавший, как развитие промышленности сковывается феодальными порядками Германского союза, создал вполне в духе геодетерминизма концепцию «исторических» и «внеисторических», вечно прозябающих на периферии цивилизации народов.

Научное обоснование идея геодетерминизма получила в трудах А. Гумбольдта, К. Риттера и других представителей новой школы географии начала XIX в., о которой Марш писал, что наиболее интересное в ее исследованиях, «до какой степени внешние физические условия и особенно очертания земной поверхности, распределение... и относительное положение суши и вод влияли на общественную жизнь и общественный прогресс человека». И путешественник Гумбольдт, и кабинетный ученый Риттер были проникнуты романтическим, перенятым от Гете пониманием ландшафта как идеальной территориальной единицы, в пределах которой образовалось единство живой и неживой природы и человека. Это помогло Гумбольдту на основе наблюдений в Южной Америке, где в природе четко прослеживается смена ландшафтов — от жаркой амазонской сельвы до андских вершин и ледников,— обосновать закон высотной поясности. Идея геодетерминизма обрастала плотью научной аргументации.

Риттер, по образованию историк, имел вообще почти фаталистический взгляд на проблему; он считал, что мозаика земных ландшафтов — своего рода матрица, предопределяющая разворот человеческой истории.

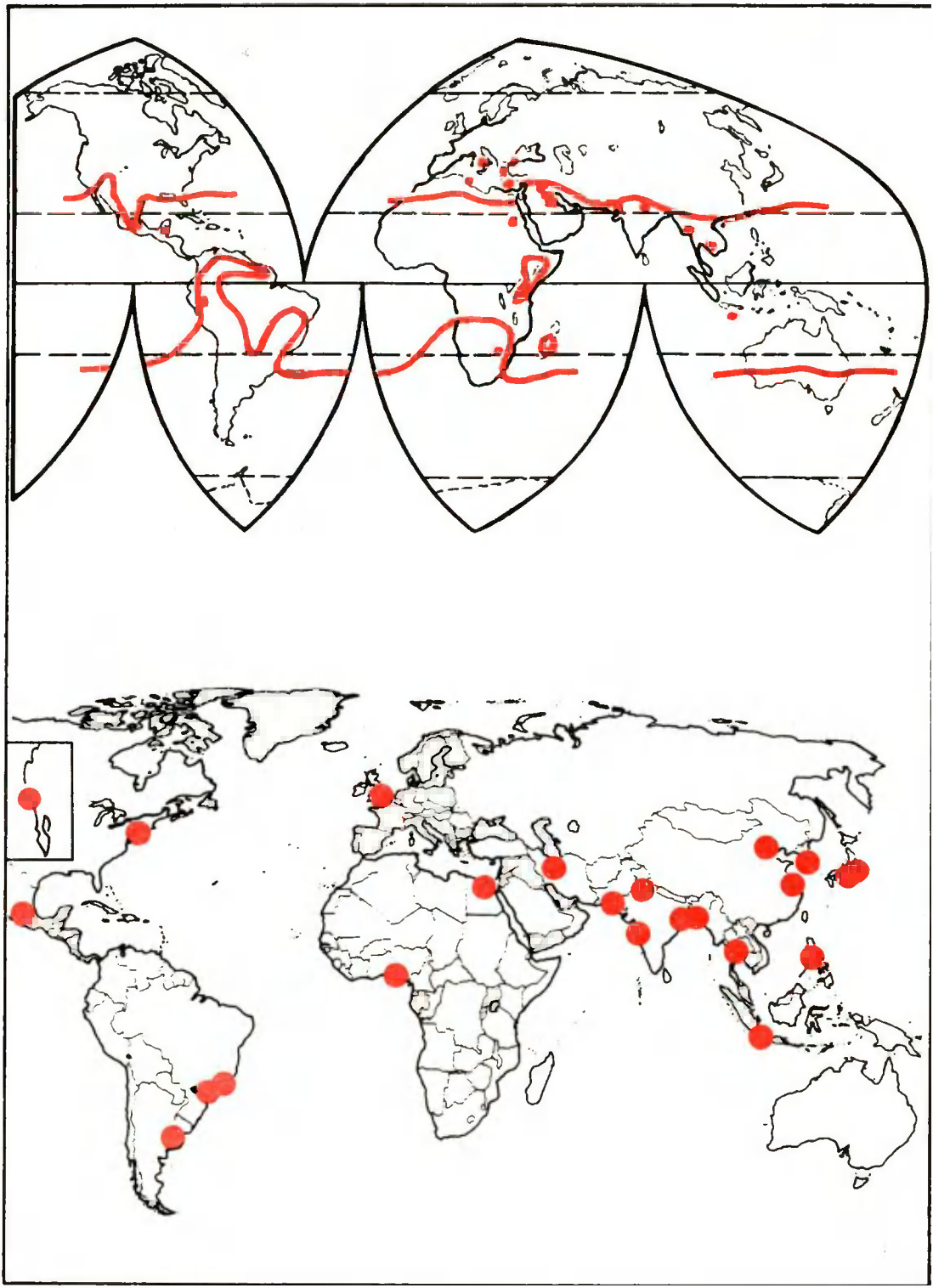
Однако пока теория лишь констатировала факты.

Взлет идеи геодетерминизма в первой половине XIX в. объясняется кризисной ситуацией, в которой оказалось общество Европы и Северной Америки, где потребности динамично развивавшегося капитализма столкнулись с малой производительностью сельских парцелл и мелких фабрик, с недостатком ресурсов. Была впервые осознана опасность исчерпания природных богатств — лесов, плодородия почв, небольших месторождений. В 1864 г. появилась книга Марша, в которой геодетерминизм сделал свой следующий шаг: была предложена идея гармонии человека и природы, идея экологически грамотного ведения хозяйства, рассчитанного и на будущие поколения. Однако такая идея расширенного воспроизводства на базе рационального природопользования, которую предлагал Марш, была лишь одним из трех путей, которыми цивилизация середины XIX в. могла преодолеть кризис.

Существовали два других. Во-первых, введение технологических новшеств, которые экономили затраты труда и вовлекали новые ресурсы. Промышленная революция, новая техника, основанная на угле, ускорили урбанизацию: города принимали «лишних» людей. Рождение «неотехники» (после 1850 г.) — электричество, бензиновый двигатель, телефон и т. п.— сделало возможным формирование крупных урбанизированных центров и вне угольных бассейнов.

Еще один путь намечало марксистское учение, предполагавшее перераспределить общественное богатство при прежней материально-технической базе. Несмотря на то что Маркс в «Капитале» признает ограниченное историческое влияние природных факторов — в частности, что капитализм закономерно родился в условиях умеренного климата, требовавшего от человека бóльших усилий для выживания, нежели в тропиках,— он не придает им самостоятельного значения в дальнейшем процессе общественного развития.

Книга Марша была забыта, ибо написана на исходе кризиса конца 1850-х годов, который разрешился гражданскими войнами и реформами в Европе и Америке. В 1859 г.



Зависимость человечества от географических условий. Вверху — дислокация районов древних культур у годовой изотермы 21 °С(по Э. Хантингтону, 1916), внизу — расположение городов с населением более 10 млн. в 2000 г. (по прогнозу экспертов ООН). Почти все они приурочены к морским побережьям. На врезке Тихоокеанское побережье США.

умерли Гумбольдт и Риттер и одновременно вышла книга Ч. Дарвина «О происхождении видов», постулировавшая в качестве главного и почти единственного фактора эволюции межвидовую конкуренцию. И марксизм, и ранний дарвинизм абсолютизируют борьбу между живыми существами и очень мало внимания уделяют влиянию среды. Знамение времени?

Последующие два десятилетия были временем промышленного роста и экспансии империй в новые земли Африки и Азии. Географические труды этого времени в подавляющем большинстве — отчеты экспедиций, систематические сводки о природе и хозяйстве исследованных территорий. Новый кризис начался в 1885 г., когда интересы Британской и Российской империй столкнулись в Афганистане. Эпоха пространственной экспансии завершилась.

Возникла необходимость теоретических обобщений накопленных материалов. И в 1889 г. издается «Цивилизация и великие исторические реки» Л. И. Мечникова, путешественника, журналиста, гарибальдийца. Он писал о том, что не случайно долины великих субтропических рек стали центрами древнейших цивилизаций: подчиненные целеустремленной деспотической власти люди создали огромные ирригационные системы, способные эксплуатировать богатство плодороднейших аллювиальных почв Египта, Месопотамии, Китая и — предвосхищая археологические открытия — Средней Азии.

В 1891 г. в России засуха вызвала страшный голод. Откликом на этот апофеоз кризиса стала вышедшая в 1892 г. в сборнике «Помощь голодающим» статья основателя климатологии А. И. Воейкова «Климат и народное хозяйство», где предложены экологически эффективные приемы подъема и обеспечения устойчивости урожаев в России. Сходные мысли высказывает почвовед В. В. Докучаев. По сути дела, это было развитием идей Марша. В 1910 г. издается труд В. П. Семенова-Тян-Шанского «Город и деревня в современной России», в которой страна разделена на 12 полос и показано, что в каждой из них хозяйство развивается в соответствии с природными условиями.

В 1891 г. вышла «Антропогеография» Ф. Ратцеля, биолога по образованию, поместившего в центр исследования государство, рассматриваемое как самодостаточный целостный организм, проходящий стадии роста, зрелости и упадка и нуждающийся в определенном «жизненном пространстве». Такая внеисторическая предпосланность государства — важнейшая черта мировоззрения «державной» географии XX в., словно возвратившейся к идеям средневековья.

В 1910—1911 гг. были покорены полюса Земли. Казалось, отныне человеку нет преград: новая техника позволяла освоить пустынные ранее Сибирь, Америку и Австралию. Особую психологию вседозволенности породила первая мировая война. В 1917 г. вышла книга «Языковые и национальные границы Европы» Л. Дамииана, где «обоснован» предполагаемый послевоенный передел границ этого региона. Но роль географии на деле сведена к «научной» аргументации уже принятых политических решений.

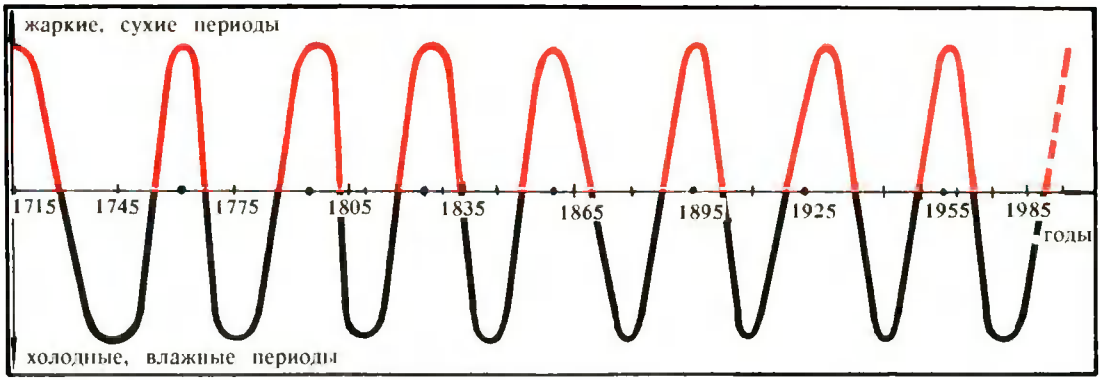
Особый размах индетерминизм принял в послереволюционной России. В предисловии к петербургскому изданию своего многотомного труда «Человек и Земля» (1906) великий географ и анархист Э. Реклю писал, что русская нация, охватившая бесконечную равнину и сочетающая качества земледельца и свободную натуру номада, всюду чувствующего себя на родине, как ни одна другая, будет содействовать рождению нации будущего... Но разве не великие равнины Китая и Месопотамии стали местом рождения деспотий, угнетавших народ во имя покорения природы (о чем писал Мечников)?

Не случайно в работе «Русский коммунизм» (1937) Н. А. Бердяев отмечает, что отечественный «ортодоксальный марксизм» воспринял прежде всего не научную сторону учения, а его мессианскую сторону, экзальтирующую волевые методы, исключающую воздействие всех объективных законов, кроме законов классовой борьбы. Это сказывалось и на науке.

В 20-е годы географ А. А. Рыбников показывал, что в силу объективных факторов Россия рано или поздно встанет на путь развития рыночных отношений. На «буржуазного» ученого яростно обрушивается в 1932 г. некий М. Богданчиков, приводя «несокрушимый» довод: «...территориальное разделение труда... происходит в плановом порядке».

И наконец, в «Кратком курсе истории ВКП(б)» начисто отрицается роль географической среды, непрерывно меняющиеся природные условия названы «неизменными» в развитии общества.

Эти взгляды печально отразились на



Брикнеровы климатические циклы, продолженные по данным А. А. Крубера, А. А. Максимова, М. И. Будыко и др. Сухая и жаркая фаза сменяется холодной и влажной, в первой — учащаются засухи и неурожаи, во второй — урожайность растет.

судьбах природы. Например, заповедник Аскания-Нова, призванный охранять эталонный участок степи, не случайно возник в период взлета геодетерминизма, в 1889 г. И не случайно же в 1932 г. значительная часть степи была распахана и в заповеднике главенствовало овцеводческое хозяйство.

Подобные вещи (быть может, не в столь острой форме) происходили во всем мире. Основатель австралийской географии Г. Тейлор выдвинул концепцию «стоп-энд-гоу детерминизма», учения о природных факторах, ограничивающих существование и экспансию человека. Подчеркивая, что огромный ресурсно-климатический потенциал умеренных широт несопоставим с незначительной экологической вместимостью экстремально жарких регионов, он критиковал амбициозные планы заселения Австралии и был вынужден уехать. Но прогноз его полностью оправдался спустя шесть десятилетий.

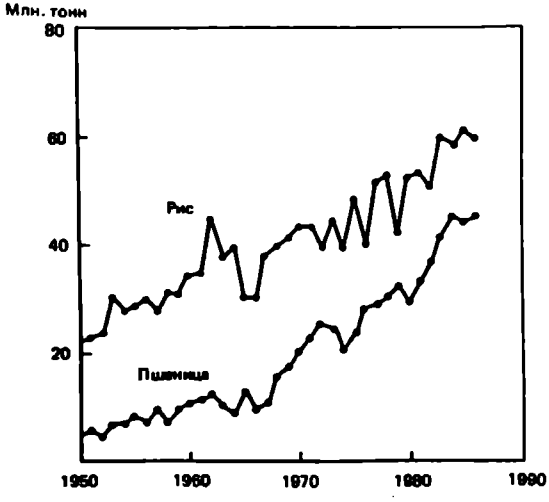
В период кризиса геодетерминизма развилось «районное направление», имевшее во многом прикладное значение. У истоков его стояли крупнейшие экономико-географы: советские — Н. Н. Баранский и Н. Н. Колосовский, американский — И. Боуман. В своих работах они подчеркивают роль активной деятельности человека по преобразованию природной среды. Взгляды их, вероятно, во многом определял личный опыт. Например, Боуман был главным советником президента В. Вильсона на послевоенных конференциях, перекраивавших карту мира. Баранский начинал как профессиональный революционер, сподвижник Ленина. Колосовский участвовал в создании плана ГОЭЛРО, был видным деятелем Госплана.

Справедливости ради следует отметить, что, будучи большим ученым, Баранский придавал должное значение объективной роли природных факторов и, используя «районный метод», пытался «облагородить» командный социализм, за что подвергался злобной критике богданчиковых, а возглавляемая им отечественная экономическая география была отлучена от практики.

Но географические знания не игнорировались полностью — умение использовать их в интересах государства нарекли геополитикой. В первой половине XX в., когда сильные, агрессивные державы искали арену для применения мощи, геополитика приобрела особое значение для обоснования политических и военных решений.

Самый яркий пример — немецкая геополитика, отцом которой был генерал К. Хаусхофер, талантливый военный, историк, дипломат, академик, участник секретных переговоров с Советской Россией в 1923 г. Он выпустил в 1924 г. книгу «Геополитика Тихого океана», где изложил свои идеи, не забыв ни «закон непрерывного роста государства» Ф. Ратцеля, ни учение Х. Маккиндера о «хартланде» — ключевой территории мира (Центральной Евразии), к овладению которой стремятся мировые державы...

Карты геополитических изданий были испещрены стрелами грядущих стратегических ударов и рубежами противостояний. Геополитика каждой страны выражала национальные амбиции, поэтому американцы объявили ненаучной геополитику нацистов, а в СССР геополитика вообще провозглашалась человеконенавистнической, хотя ею была пронизана вся политика сталинского правительства. Ведь Хаусхофер, подобно Ма-



Производство пшеницы и риса в Индии (1950—1986 гг.). Колебания урожайности этих культур (и особенно влаголюбивого риса) связаны с изменением количества осадков (по данным Министерства сельского хозяйства США).

киавелли, лишь изложил принципы, известные еще Периклу и Наполеону...

Геополитика в экономике носила наименование «планов преобразования природы». Заурядным стало возведение гигантских плотин, «спроектированных» на географической карте без всякого учета последствий. Характернейший пример — освоение целины в 50-е годы. На основании своего печального опыта американские специалисты предупреждали: те методы, которыми это делается, вызовут пыльные бури. Прогноз подтвердился в 60-е годы...

К концу 60-х весь мир ощутил угрозу истощения ресурсов, нависла опасность экологического кризиса. Не случайно в американской экологии возникла «новая школа» Макартура, занимающаяся процессами взаимодействия между живой и неживой природой. Стало ясно, что географический подход необходим для комплексного решения проблем, и центр тяжести в исследованиях западных ученых переместился с супермаркетов и автострад на вопросы нищеты, расизма и окружающей среды.

В нашей стране также были предприняты шаги по пересмотру традиционных концепций. В книгах А. В. Исаченко (1971), В. А. Анучина (1972) критически обозревалась история развития географических идей, в 1973 г. появился сборник под многообещающим названием «Взаимодействие природы и общества». Но нефтедоллары открыли путь экстенсивному решению проблем, прежде всего закупкам сельскохозяйственной продукции (а ничто так не развенчивает миф о неподвластности природы, как колебания урожайности). И вот уже раздается властный призыв «отказаться от доктрины географического детерминизма», доминирует взгляд на науку как конгломерат обслуживающих практические нужды отраслей, не имеющих собственной цельной системы мировоззрения. Нечто подобное произошло и во многих других странах мира...

Вновь интерес к проблемам взаимоотношения человека и природы поднялся во всем мире с середины 80-х годов.

Итак, обобщим. Изменение отношения к концепции геодетерминизма можно уподобить волнообразной кривой: в эпоху ресурсного и экологического кризиса интерес к ней повышается, а на гребне избытка ресурсов и благополучного развития доминируют индетерминизм и геополитические концепции.

Зададим крамольный вопрос: существует ли внешняя сила, направляющая эти «колебания маятника»?

В последние годы геосистемные исследования помогли понять, насколько народное хозяйство подвержено влиянию природных циклов. В частности, имеются данные о влиянии 11-летнего цикла солнечной активности на урожайность сельскохозяйственных культур, на физиологию человека, о чем говорил еще А. Л. Чижевский. Существуют климатические колебания, оказывающие еще более глубокое воздействие на все хозяйство. Таковы открытые О. Брикнером в конце прошлого века 35-летние циклы, включающие сухую жаркую и холодную влажную фазы. Во влажный период урожайность возрастает, в жаркий — усиливаются засухи, более резки сезонные перепады, затрудняющие созревание и уборку урожаев[1].

А теперь предложим следующую гипотезу. Реконструированные на основании работ А. А. Крубера, А. А. Максимова, Б. А. Аполлова, М. Е. Ляхова, М. И. Будыко колебания климата в XX в. показывают такие совпадения: холодные максимумы циклов одновременны с периодами процветания мировой экономики (эпохи накопления «подкожного жира», предшествовавшие первой и второй мировым войнам; конец 70-х годов, характеризовавшийся в целом улучшением мировой экономической конъюнктуры) и

[1] Кроме Брикнеровых циклов значительную роль играют 22-летние (особенно на Восточноевропейской равнине), а также 2-летние. Влияние циклов проявляется на территориях с различной степенью континентальности не одновременно, а со сдвигом в 1—2 года.

усилением борьбы за политические и экономические сферы влияния. На жаркие же максимумы приходится ухудшение внутриполитических ситуаций в аграрных странах (гражданские войны в Азии в конце 1920-х, коллективизация в СССР), которые можно частично интерпретировать как обострение борьбы за сельскохозяйственные ресурсы, а также кризисы перепроизводства промышленных товаров в развитых странах, одной из причин которых могло быть сужение рынка сельских потребителей. Сухие максимумы совпадают с обострением экологических и внутриполитических проблем в мире в конце 60-х и середине 80-х годов. Колебания урожайности, видимо, играют роль пускового механизма для всей экономики, изменения сказываются на социальной сфере и политике.

Интересно, что в совпадающие с «жаркой» частью цикла периоды возрастает интерес к исследованиям системного характера. В 20-е годы создано учение о гелиоциклах Чижевского, теория «длинных волн конъюнктуры» Кондратьева, учение Тейлора; в 60-е годы — школа экологии биогеоценозов Макартура, теория пассионарности Гумилева. В периоды «холодные» предпочтение отдается конкретно прикладным исследованиям, обеспечивающим информацией экономическую (и политическую) экспансию, и учениям, подчеркивающим доминантную роль человека в биосфере.

Не случайно там, где господствует индетерминизм, отрицается не только идея влияния природных циклов на экономику, но и наличие самих циклов, как это делали многие наши довоенные авторы. На самом деле циклы проявляются не как явная волна, а в виде многолетней статистической тенденции.

Еще ждет своего исполнения завет В. В. Докучаева познавать законы, управляющие вековыми изменениями соотношений между компонентами живой и неживой природы, и использовать их знание. Но осуществится ли он? И все же не должны быть написаны о нас строки, подобные тем, что Марш посвятил былой Римской империи: «Не подлежит сомнению, что упадок этих некогда столь цветущих стран произошел отчасти вследствие таких геологических причин, действия которых человек не мог ни остановить, ни направить, а отчасти вследствие прямого насилия человека над природой; но главная причина этого упадка заключается в невежественном небрежении человека к законам природы, в войнах, в гражданской и церковной тирании и злоупотреблениях».

Неужели пренебрежем суровыми уроками истории цивилизаций, чьи властные следы желтеют в виде пирамид в пустыне?

Магазин № 2 «Книга-почтой» «АКАДЕМКНИГА»
высылает наложенным платежом
книги издательства «НАУКА»:

Линней К. ФИЛОСОФИЯ БОТАНИКИ. Пер. с лат. (Памятники истории науки). 1989. 451 с. 4 р. 90 к.

Первый перевод с латинского одного из основных трудов крупнейшего шведского естествоиспытателя XVIII в., основателя систематики растений, в котором изложены история, теория и методика систематики. Во все времена книга высоко ценилась не только ботаниками, но и естествоиспытателями всех специальностей.

Книга рассчитана на ботаников, философов, историков науки.

Лишевский В. П. ОХОТНИКИ ЗА ИСТИНОЙ. РАССКАЗЫ О ТВОРЦАХ НАУКИ. 1990. 288 с., ил. 3 р.

В книге рассказывается о необычной, подчас трагической судьбе выдающихся ученых древности и недавнего прошлого — Архимеда, Д. Бруно, Г. Галилея, И. Кеплера, М. В. Ломоносова, Э. Галуа, К. А. Тимирязева, К. Э. Циолковского, Ф. А. Цандера, С. И. Вавилова и других, о сделанных ими замечательных открытиях, об их беззаветном служении науке и обществу.

Книга предназначена для широкого круга читателей.

Адрес магазина: 197345, Санкт-Петербург, Петрозаводская ул., 7.

Брахиоподы с фосфатной раковиной

Г. Т. Ушатинская

Галина Тихоновна Ушатинская, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории древнейших скелетных организмов Палеонтологического института АН СССР. Круг научных интересов — палеозойские брахиоподы, ранний этап их эволюции. Автор более 50 научных работ и трех коллективных монографий.

550—600 МЛН. ЛЕТ НАЗАД, на рубеже докембрия и кембрия, многие группы организмов, населявших в ту пору моря, приобрели способность строить минеральный скелет. В их числе были и плеченогие, или брахиоподы — древний тип беспозвоночных, обособившихся от остальных высших многоклеточных, по всей вероятности, раньше, чем разошлись их основные типы. В палеозое они были одними из самых распространенных обитателей морского дна и занимали в биоценозах место, сравнимое с тем, которое сейчас принадлежит моллюскам. К концу палеозоя разнообразие брахиопод резко сократилось, и ныне в морях обитает всего около 200 видов, число же вымерших приближается к 10 тыс. Для палеозойских отложений брахиоподы служат важной «руководящей группой» и широко используются в стратиграфии для определения возраста и корреляции отложений. Именно поэтому брахиоподы давно привлекают внимание палеонтологов, но, как выясняется, интересны они и другим.

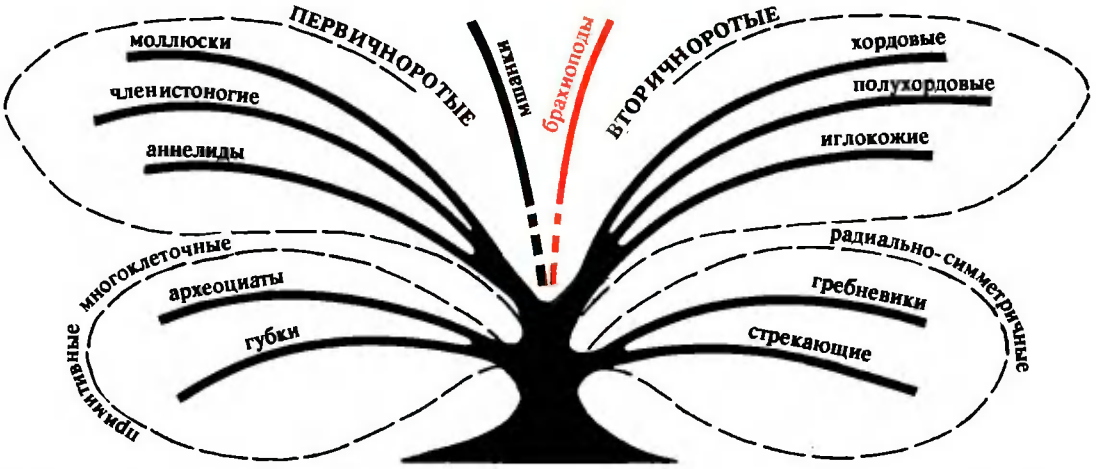
Среди брахиопод есть небольшой обособленный класс Lingulata, раковина которых состоит из фосфата кальция, а не из карбоната, как у представителей двух других классов этого типа. Но не только этой особенностью примечательны лингуляты. Электронная микроскопия, освоенная палеонтологами, неожиданно принесла интересные сведения о микроструктуре раковин, вслед за чем возник вопрос о возможном механизме ее образования.

Прижизненная микроструктура и ее посмертное преобразование и будут рассмотрены в этой статье.

Одновременно с лингулятами — почти с самого основания кембрия — появилось еще несколько групп животных, обладавших скелетом из фосфата кальция, но большинство их вымерло в течение первой половины кембрия, лингуляты же продолжали успешно развиваться. Во второй половине кембрия и раннем ордовике они достигли большой численности и разнообразия. Достаточно сказать, что позднекембрийские-раннеордовикские фосфоритовые месторождения Прибалтики сложены исключительно скоплениями раковин лингулят — это так называемый ракушечный тип месторождений[1]. Подобные скопления имеются в среднем кембрии Дальнего Востока и раннем ордовике Иркутской области.

К концу ордовика количество лингулят в морской биоте сильно уменьшилось, а к середине девона из пяти известных в раннем палеозое отрядов осталось лишь два — Lingulida и Discinida, каждый из небольшого числа родов. До наших дней дожили два рода лингулид и три дисцинид, объединяющие около двух десятков видов. Значит, у палеонтологов имеется не столь уж частая возможность сравнивать раковины (в том числе и их микроструктуру) древних лингулят и их современных потомков.

[1] Яншин А. Л., Жарков М. А. // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1986. Т. 61. Вып. 2. С. 7—18.



Положение брахиопод на родословном древе основных стволов многоклеточных (по: Михайлова И. А., Бондаренко О. Б., Обручева О. П. Общая палеонтология. М., 1989).

Лингуляты, как и остальные брахиоподы,— одиночные двусторонне-симметричные животные, тело которых, подобно пластинчато-жаберным моллюскам, снаружи покрыто двустворчатой раковиной (длиной от 2 мм до 3 см), но, в отличие от моллюсков, раковина лингулят (и всех остальных брахиопод) располагается не с левой и правой сторон, а с брюшной и спинной. Лингуляты — исключительно морские животные, ведущие сидячий образ жизни, прикрепляются ко дну ножкой. Этот мускулистый тяж выходит наружу в задней части раковины либо через желобок между двумя створками, либо через особое отверстие на брюшной створке. Сейчас лингуляты распространены как на шельфе (роды Lingula, Glottidia, Discinisca, Discina), так и на больших глубинах — до 6000 м (род Pelagodiscus) и обыкновенно не образуют сколько-нибудь крупных поселений. В раннем палеозое большинство их видов были типичными обитателями шельфа и численностью часто превосходили другие группы.

Раковины современного рода лингула построены из тонких и протяженных минеральных слоев, почти параллельных поверхности створок и чередующихся с органическими. Минеральные слои пронизаны микропорами (диаметром около 1 мкм), которые слепо заканчиваются в органическом слое, внутрь пор заходят лишь его тяжи. Сами минеральные слои представляют собой органоминеральный агрегат: в органическом матриксе заключены мелкие игольчатые кристаллы фосфата кальция размером 0,05—0,2 мкм. Органические слои, состоящие из тонких фибрилл менее 0,01 мкм длиной, лишены пор. В раковинах других современных лингулят чередуются такие же слои, хотя детали ультраструктуры часто отличаются от наблюдаемых у лингулы[2].

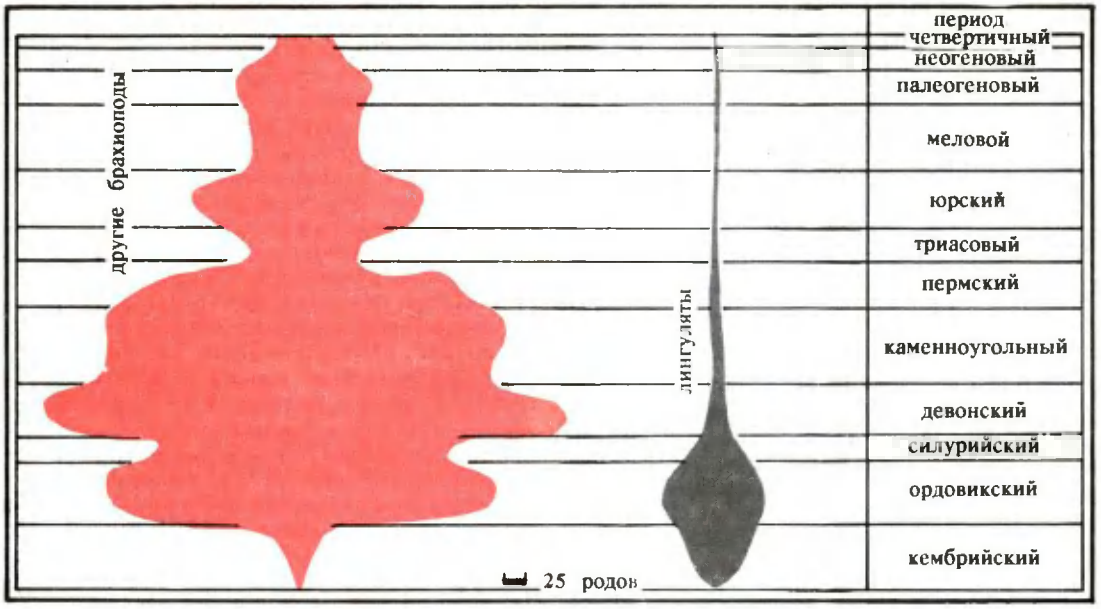
Древние лингуляты имели раковину сходного строения, но сейчас удается обнаружить только минеральные слои, поскольку органические, естественно, не сохранились. У разных отрядов слои бывают разделены узкими полыми промежутками (некоторые Lingulida); соединены друг с другом перпендикулярными столбиками (Acrotretida); у Discinida и некоторых Lingulida иногда заполнены тонкими хаотично расположенными минеральными стержнями; стенки створок Siphonotretida пронизаны каналами, доходящими до поверхности, с иглами на концах.

Состав минеральных слоев у древних и современных лингулят сходен. Это карбонатсодержащий фторапатит, близкий к франколиту — $Ca_{10}[(P,C)O_4]_6F_2$. Органические слои из протеина и хитина у современных форм составляют около 50 % объема раковины, видимо, в раковинах древних лингулят органики было не меньше.

Долгое время никто из специалистов не сомневался, что раковины древних лингулят состоят из первичных минеральных слоев, а разделяющие их пустоты при жизни заполняли органические слои, хотя не исключалась и их посмертная фосфатизация[3]. Однако даже при поверхностном сравнении строения раковин некоторых древних и со-

[2] Watabe N., Pan Chi Miau // Amer. Zool. 1984. V. 24. P. 977—985; Iwata K. // J. of Geol. Soc. of Japan. 1982. V. 88. N 12. P. 957—966.

[3] Poulsen V. // Bull. Geol. Soc. Denmark. 1971. V. 20. P. 267—278.



Распространение брахиопод в фанерозое.

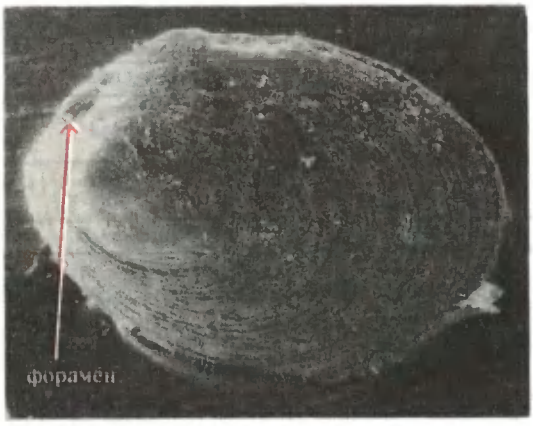
временных лингулят выявляется противоречие: у последних поры (если они есть) пронизывают минеральные слои, у первых же, по общепринятой интерпретации, они проходили сквозь органические слои (их слепками считаются столбики у акротретид), а минеральные были сплошными. Поэтому и возникло предположение, что микроструктура раковин некоторых древних лингулят, наблюдаемая сейчас, не первична, а сформировалась после смерти за счет перераспределения частиц фосфатного материала из органических и минеральных слоев[4]. Просмотрев большую коллекцию лингулят из многих месторождений, могу уверенно подтвердить свое же предположение и объяснить, как происходил этот процесс.

Нагляднее всего он виден у лингулят из отряда акротретида. Первые его представители появились в нижнем кембрии — в верхах отдабанского яруса, последние известны из нижнего девона. Раковины их обычно мелкие, стенка сложена из тонких минеральных слоев, соединенных между собой округлыми в сечении столбиками. Каждый слой состоит из двух плотно прилегающих (или разделенных узкой щелью) пластин, тесно соединенных тонкими игольчатыми кристаллитами или призматическими пластинками (длиной 2—4 мкм), перпендикулярными поверхности самих пластин. Столбики сложены кристаллитами или пластинками того же размера, расположенными перпендикулярно их оси. Внутри столбиков обычно проходит полый округлый в сечении канал или ось, к которой сходятся кристаллиты.

Однако в ряде местонахождений встречаются раковины акротретид с другой микроструктурой. Например, створки у внешней стороны иногда состоят из относительно толстых слоев (до 10 мкм), разделенных узкими промежутками и сложенных коллофаном (скрытокристаллическим апатитом), в котором можно различить отдельные сферолиты. Такие слои пронизаны многочисленными порами диаметром около 1 мкм. Строение части стенок, прилегающих к внутренней стороне, типично для акротретид — это слои из пары пластин, соединенных столбиками с полым каналом (около 1 мкм в диаметре) внутри.

Представляется, что эта структура обусловлена какими-то специфическими условиями захоронения. Вероятно, сразу после смерти животных органическое вещество наружной части раковины, в том числе пор, было разложено и вынесено, поэтому сохранились только ближайшие к поверхности исходные минеральные слои. Как и при жизни, они пронизаны порами, а составляющее их минеральное вещество превращено в коллофан с отдельными элементами сферолитовой структуры. В более глубоких участках стенок органика, вероятно, сохранялась

[4] Ушатинская Г. Т., Зезина О. Н. // Докл. АН СССР. 1988. Т. 300. № 5. 700—703.



Брюшная створка акротретиды из отложений среднего кембрия (Сибирская платформа, р. Оленек). У макушки створки небольшое округлое отверстие — форамен, через него проходила ножка, с помощью которой животное прикреплялось ко дну. Увел. в 40 раз. Здесь и далее фото автора

дольше, а когда разложилась, в освободившееся пространство переотложился фосфат. Значит, при жизни акротретид их раковины были не такими, какими мы их видим сейчас.

Органическая часть представляла собой «этажерку» из тонких протяженных слоев, соединенных перемычками, а между слоями размещался минеральный компонент. Как и у современных лингулят, он состоял из игольчатых или собранных в сферолиты кристаллитов фосфата кальция в органическом матриксе.

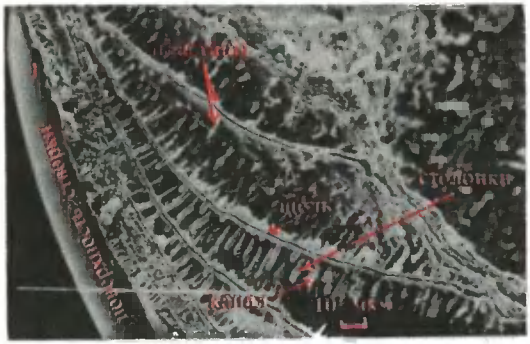
Чтобы понять, как после смерти животного мог перераспределяться фосфатный материал с образованием той микроструктуры, которую мы наблюдаем сейчас, обратимся к данным минералогии. В неживой природе известны тонкие жилы из игольчатых кристаллитов, ориентированных перпендикулярно оси жилы, с просечкой-щелью посредине. Они бывают образованы гипсом, кальцитом, льдом, которые отложились в результате перераспределения части материала из вмещающихся пород в трещины, возникшие разным путем. Такие жилы могут появиться, если: имеется необходимый для образования минерала тонкодисперсный материал с трещинами и порами; создаются условия для перехода исходных компонентов в мобильное состояние, когда их концентрация в поровом растворе достаточна для образования кристаллитов; сам минерал может перемещаться из вмещающих пород в трещины.

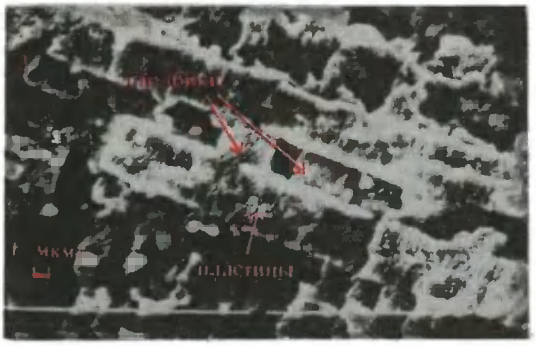
В раковинах акротретид створки, как отмечалось, содержали органический материал, расположение которого можно представить системой «трещин и пор», окружающих блоки-ячейки, заполненные тонкодисперсным фосфатом кальция. После смерти акротретид раковины оказывались на дне, близ границы раздела вода/осадок — в зоне интенсивной биологической активности. Органика, заключенная в створках, расщеплялась микроорганизмами на сахара и ряд простых соединений, в том числе фосфорную кислоту, фосфат натрия, азотистое основание. Одновременно микроорганизмы повышали pH среды[5]. Образовавшийся раствор заполнял пространства между минеральными слоями, частично растворяя их и тем самым увеличивая количество ионов кальция, фосфата и фтора в подвижном состоянии. В результате складывалась система островков из первичных минеральных слоев (твердая фаза) в растворе фосфатобразующих компонентов (жидкая фаза). В щелочной среде ($pH>7$) по мере достижения необходимой концентрации ионов кальция и фосфата возникали предпосылки для кристаллизации фосфата кальция на границе раздела фаз. Зародыши кристаллов становились центрами кристаллизации и росли в виде тонких вытянутых кристаллов апатита. Длинная их ось располагалась перпендикулярно плоскости слоев и осям пор, пронизывавшим их. Иногда образовывались сферолиты — тоже типичная форма выделения фосфата кальция из раствора. По мере растворения первичных минеральных слоев увеличивалась мощность вновь образующихся. Перекристаллизация тонкодисперсного материала сопровождалась уменьшением поверхностной энергии и, естественно, процесс шел только в одном направлении.

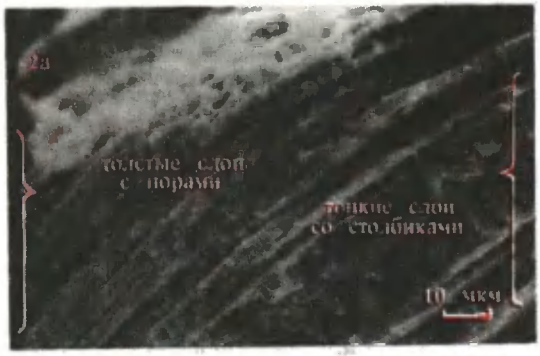
Очень важная роль в нем принадлежала микроорганизмам. Об их участии в посмертном разрушении органики и последующем отложении фосфатов известно давно. Эксперименты Ж. Лука и Л. Прево показали ключевую роль бактерий в синтезе апатита из органических фосфатсодержащих соединений в морской воде. Данные Г. Д. Батурина, Ю. Н. Занина и многих других подтверждают значение бактерий при трансформации органики в неорганический фосфат.

Внутри раковин древних лингулят тоже можно увидеть микроскопические структу-

[5] Лука Ж., Прево Л. Синтез апатита. К вопросу о новой модели генезиса осадочных фосфоритов // 27-й Международный геологич. конгресс. Тез. докл. М., 1984. Т. 15. С. 59—68.







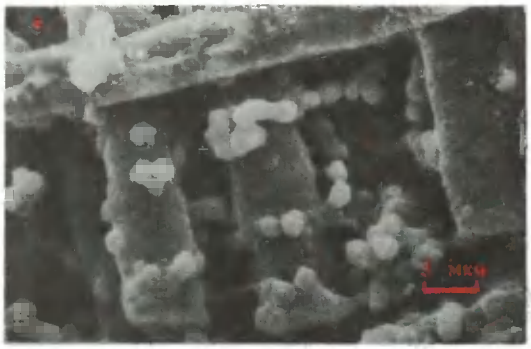
Микроструктура раковин древних лингулят: конотреты (1) из отложений нижнего ордовика (Центральный Казахстан), эрботреты (2, а, б) из отложений среднего кембрия (Кузнецкий Алатау) и кейзерлингии (3, 4) из отложений верхнего кембрия (Ленинградская обл.). На фото 1 и 2 видно, что створка построена из протяженных слоев, почти параллельных ее поверхности. У конотреты слои тонкие, соединены столбиками с полым каналом внутри каждого, а слой представляет собой две пластины с узкой щелью между ними. У эрботреты слои, ближайшие к внешней поверхности створки, толстые, разделены узкими промежутками, пронизаны многочисленными порами и построены из бесструктурного вещества — коллофана (2, б), в котором различаются отдельные сферолиты. Слои же, прилегающие к внутренней поверхности створки, такие же как у эрботреты. У кейзерлингии две пластины, составляющие слой, плотно прилегают друг к другу. Видно, что они сложены тонкими игольчатыми кристаллитами, расположенными перпендикулярно плоскости пластин. Торцы столбиков (4), соединяющих слои, состоят из кристаллитов, сходящихся в центре.

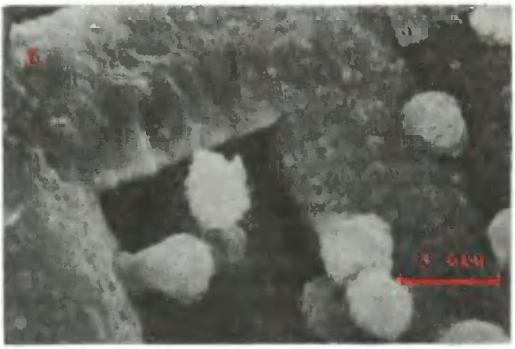
ры, формой и размерами напоминающие бактерий. Между слоями и столбиками некоторых раковин видны образования круглой формы или в виде гантели, веретена, булавы. Представляется, что эти сходные по размерам (1—2 мкм) образования и есть остатки бактерий, участвовавших в разложении органического вещества (их тела после смерти замещены фосфатом кальция).

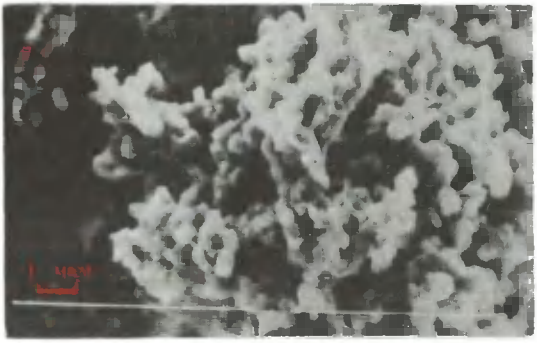
Специальный эксперимент подтвердил эту мысль. Несколько створок и обломков раковин Obulus из нижнего ордовика Прибалтики, помещенные в 10 %-ную соляную кислоту, нацело растворились за двое суток, на дне остались лишь темно-коричневые хлопья. В сканирующем электронном микроскопе видно, что они состоят из кокковидных или слегка вытянутых форм размером около 1 мкм. Скорее всего, это фосфатизированные остатки микроорганизмов, сохранившиеся в кислоте из-за наличия в них фоссилизированной органики.

Представление о большой роли посмертной фосфатизации органического вещества в сохранении остатков животных в ископаемом состоянии высказывалось многократно. К. Мюллер, разрушив в уксусной кислоте известняки из кембрийских отложений Швеции, выделил много прекрасно сохранившихся личинок членистоногих[6]. Изучив их,

[6] Müller K. // Lethaia. 1983. V. 16. N 2. P. 93—109.







Фосфатизированные тела микроорганизмов среди пластин и столбиков в створках эрботреты (5), кейзерлингии (6) и обнаруженные в хлопьях после растворения створок обулюса (7) в соляной кислоте.

он пришел к выводу, что личинки фосфатизировались сразу после смерти животных во время оседания в толще воды, вероятно, за счет образования тонких фосфатных оболочек из растворенного в воде фосфата или замещения мягких тканей. Этот процесс, видимо, происходил очень быстро, ибо в противном случае мягкие ткани или вовсе исчезли бы, или разложились. Мы же на фотографиях Мюллера видим, что сохранились даже тончайшие ворсинки микронного размера. По его мнению, так фосфатизировались организмы, не превышавшие 2 мм.

Фосфатизированные бактериальные тела, водорослевые нити, покрытые фосфатной оболочкой раковины и обломки моллюсков, копролиты и т. п. обнаружены многими исследователями как в современных, так и в древних осадках[7]. Фосфатизация их осуществлялась, скорее всего, на дне за счет фосфора, который высвобождался при распаде органики, поступавшей в море с речными стоками из гидротермальных источников или еще каким-либо путем.

Лингуляты были в несколько ином, вероятно более выгодном, положении. Наличие в их раковинах кроме органического вещества собственного фосфата кальция, причем в тонкодисперсном состоянии, делало их посмертную фосфатизацию обязательной, если только они не попадали в условия, где бактериальная деятельность была подавлена. Микроорганизмы, участвовавшие в разрушении органики, при избытке в пространстве створок растворенных ионов кальция и фосфата после смерти также претерпевали псевдоморфное замещение кристаллитами фосфата кальция.

Итак, видимая сейчас микроструктура раковин древних фосфатных брахиопод — лингулят — во многих случаях не первична. Она оформлялась после их смерти на стадии раннего диагенеза. Посмертное преобразование заключалось в разложении, переносе и переотложении фосфата кальция в ограниченном пространстве внутри створок за счет соединений первичных органических и минеральных слоев. Важнейшая роль в этом принадлежала бактериям, там, где бактериальная деятельность была подавлена, посмертная перестройка в раковинах либо не происходила, либо была минимальной.

Таким образом, лингуляты оказались подходящей моделью для изучения широко распространенной в природе фосфатизации органического вещества и роли в этом микроорганизмов. Воссоздав первичное строение раковин этих древних морских обитателей, палеонтологи смогут уточнить их систематику, эволюцию и филогению.

[7] Батурин Г. Н. Фосфориты океана // Природа. 1989. С. 76—85; Занин Ю. Н., Горленко В. М., Миртов Ю. В. и др. // Геология и геофизика. 1987. № 2. С. 43—49; Розанов А. Ю. Древнейшие организмы и образования фосфоритов // Природа. 1989. № 9. С. 61—65.

Вновь проекты века?

А. Ю. Левинтанус,
кандидат географических наук
Центр международных проектов Министерства
природопользования и охраны окружающей среды СССР
Москва

В 60-е и 70-е годы нынешнего столетия был осуществлен целый ряд водохозяйственных проектов, по масштабам и значению не имевших до той поры аналогов в мире. Значительная доля этих гидротехнических сооружений пришлась на долю развивающихся стран. Это высотная Асуанская плотина в Египте, вес которой в 17 раз превышает вес пирамиды Хеопса, ГЭС Итайпу на Паране, проектная мощность которой 12,6 тыс. МВт (мощность 13 крупных типовых АЭС), водохранилище Вольта в Гане при гидроузле Акосомбо, площадь которого не уступает территории Ливана.

Значительный хозяйственный эффект новостроек, обеспечивших дополнительную выработку электроэнергии, освоение засушливых земель, ослабление угрозы наводнений и улучшение водоснабжения, долгое время оставлял в тени неизбежные экономические и экологические издержки этих гигантских сооружений. Так, строительство Асуанского гидроузла обошлось в свое время в 1,5 млрд. долл., окончательная стоимость ГЭС Итайпу составит 5—6 млрд. долл. Заполнение водохранилищ при возведении плотин сопровождалось массовым переселением местных жителей, число которых в Африке составило более 300 тыс. чел. Что же касается влияния крупных водохозяйственных сооружений на среду, то их строительство привело к гибели лесов, уничтожению мест обитания редких животных и растений, утрате многих исторических и археологических памятников, ухудшению качества воды, распространению болезней и т. п.

Конец 70-х и 80-е годы ознаменовались в целом отходом от гигантомании в водном хозяйстве, усилением внимания к повышению эффективности использования водных ресурсов и применению водосберегающих технологий. Этот процесс наиболее ярко проявился в приостановлении или окончательном отказе от осуществления грандиозных планов переброски стока в США, Канаде и СССР, в переносе центра тяжести на небольшие и некапиталоемкие проекты, ориентированные на нужды местного населения — в развивающихся странах.

Тем не менее в начале 90-х годов появилось новое поколение «проектов века» в гидротехническом строительстве, которые приурочены к величайшим рекам мира на территории развивающихся государств. Большинство из них находится в стадии окончательной доработки и утверждения, и в случае реализации все они будут иметь огромные последствия для судеб миллионов людей и приведут к радикальным изменениям природы на обширных пространствах.

КАНАЛ ЗАИР — ЧАД

Последние два десятилетия сопровождались продолжительной засухой в Сахельской зоне Африки, приведшей к истощению водных ресурсов во многих странах. В частности, береговая линия крупнейшего бессточного озера континента, оз. Чад, отступила на 50 км, его акватория уменьшилась почти в 10 раз, резко понизился уровень грунтовых вод в прибрежной зоне, что поставило под угрозу условия существования не менее 10 млн. жителей региона.

В качестве единственного долгосрочного варианта решения проблемы Комиссия бассейна оз. Чад, объединяющая представителей Нигерии, Камеруна, Чада и Нигера, предложила переброску части стока р. Заир. Согласно проекту, подготовленному итальянской фирмой и одобренному правительством Заира, предстоит создать канал протяженностью 2400 км, по которому из самой реки или ее правого притока Убанги будет ежесекундно поступать до 3200 $м^3$ воды (в два раза больше, чем расход Нила ниже Асуана) в верхнее течение р. Шари, питающей оз. Чад. Помимо спасения самого озера проект обещает существенное расширение орошаемых площадей в его бассейне, обеспечение судоходной связи Чада и Центрально-Африканской Республики, не имеющих выхода к морю[1].

Экологические и социальные аспекты фактически не нашли отражения в проектных документах. Вместе с тем ежегодная переброска 100 $км^3$ воды в Шари, в 2,5 раза превышающая ее среднегодовой сток, неминуемо приведет к катастрофическим наводнениям в наиболее густонаселенных районах среднего и нижнего течений реки, что потребует переселения большого числа людей. Быстрый подъем уровня озера может вызвать «перелив» части воды в естественную депрессию в его северо-восточной части и отток в приток Нила Бахр-эль-Газаль, как это уже случалось в период исторических наблюдений. Земли, предназначенные для орошения в бассейне Чада, в настоящее время активно используются под пастбища кочевыми скотоводами, не имеющими ни опыта, ни навыков оседлого существования. Наконец, в мировой практике до сих пор не было примеров перераспределения столь значительных объемов воды на такие расстояния, поэтому

[1] Rock View Proposal for a Draft Management Scheme for the Preparation of the Chad Basin Master Plan. UNEP, 1988.

прогноз его ближайших и отдаленных последствий для пустынных и полупустынных экосистем вдоль трассы переброски требует особо тщательной проработки.

КАСКАД ГЭС НА МЕКОНГЕ

Ослабление военной и политической напряженности в Индокитае создало благоприятные возможности для осуществления целой серии хозяйственных проектов в странах этого региона. Наиболее крупный из них — план строительства каскада ГЭС на участке нижнего течения Меконга от Луангирабанга (Лаос) до Самбора (Камбоджа) протяженностью 2400 км. Инициатором строительства выступает международный Комитет по Меконгу, рассчитывающий израсходовать до 2000 г. примерно 5 млрд. долл. на возведение ряда гидроузлов общей мощностью около 20 тыс. МВт на самой реке и до 100 плотин на ее притоках[2]. Большая часть ГЭС будет сосредоточена в Лаосе и Камбодже, хотя главным получателем электроэнергии станет Таиланд.

Общественность стран региона обеспокоена возможным влиянием запланированных гидроузлов на природу. Так, ГЭС Намтхэн в Лаосе будет расположена в зоне горных лесов, изобилующих редкими представителями флоры и фауны. Ее водохранилище затопит два массива, предлагаемых Международным союзом охраны природы в качестве охраняемых территорий[3]. Мощный гидроузел Памонг (2250 МВт) на границе Лаоса и Таиланда, рассчитанный на сезонное регулирование стока Меконга, грозит подорвать сельское хозяйство в 1200 км ниже по течению в дельте реки, где местные земледельцы практикуют традиционную рисовую культуру, основанную на тонком балансе полива пресными речными и солеными морскими водами. Сокращение разливов Меконга может вызвать упадок пойменного рыболовства — основы существования десятков тысяч людей. По первоначальным планам предполагалось переселить из зоны строительства 250 тыс. человек и лишь в результате серьезных возражений со стороны общественности высота плотины и площадь водохранилища были уменьшены, что тем не менее потребует выселения 42 тыс. человек.

Сходные проблемы характерны и для других ГЭС каскада, сооружение которых уже готовы начать фирмы западноевропейских стран, Австралии и Японии, являющиеся главными спонсорами Комитета по Меконгу. Нужды местного населения, будущее уникальной природной среды бассейна при этом остаются на заднем плане.

ГИДРОУЗЕЛ НА ЯНЦЗЫ

Правительство Китая готово приступить к строительству гидроузла на р. Янцзы, который обещает стать наиболее крупным и дорогостоящим на всю историю человечества. Пересекая восточное горное обрамление Сычуаньской котловины, Янцзы образует три узких (шириной 120—200 м) ущелья общей протяженностью около 100 км, а глубиной до 100 м. Этот отрезок реки носит название Санься. Идея сооружения гидроузла в Санься была выдвинута еще Сунь Ятсеном в 20-х годах, а в настоящее время она материализовалась в виде проекта плотины высотой 150—180 м с ГЭС установленной мощностью 13 тыс. МВт. Помимо выработки электроэнергии это грандиозное сооружение, стоимость которого определяется в 16 млрд. долл., призвано уменьшить угрозу наводнений на реке и улучшить условия судоходства. Существуют также планы использования Санься как исходного пункта переброски вод Янцзы в бассейн Хуанхэ и далее на север вплоть до Пекина, испытывающего дефицит воды.

Многие положения проекта встречают серьезные и достаточно обоснованные возражения. Прежде всего ставится под сомнение способность гидроузла надежно контролировать наводнения, ибо они вызываются разливами притоков Янцзы ниже по течению. Кроме того, эти стихийные бедствия усиливаются из-за прогрессирующего обезлесивания и почвенной эрозии окрестных водосборов, а не просчетов в водном хозяйстве. Смыв почвы в водохранилище и его неизбежное заиливание могут существенно сократить регулирующие функции гидроузла и срок его службы. Существует также опасность заиливания русла реки выше по течению, что может ухудшить условия навигации[5]. Огромное водохранилище плотины, протяженностью до 600 км, затопит 14 уездов, 848 деревень, свыше 3200 отдельных крестьянских хозяйств, что потребует переселения до 1 млн. человек. Эта процедура обещает вылиться в нелегкую проблему, так как в районе Санься плотность населения очень высока, и свободные земли фактически отсутствуют. Есть основания прогнозировать негативные последствия гидроузла для дельтового земледелия и рыболовства, ухудшение санитарно-эпидемиологической обстановки вокруг водохранилища.

По мнению ряда специалистов, тот же объем электроэнергии, но с меньшими экологическими и финансовыми издержками можно было бы получить за счет строительства 10—20 малых ГЭС на притоках Янцзы. Облесение, противоэрозионные мероприятия и совершенствование практики сельского хозяйства были бы не менее эффективными для предотвращения наводнений. Тем не менее Международный банк реконструкции и развития (МБРР), инженерные компании США и Японии по-прежнему выступают за проект Санься.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЕВФРАТА

Водохозяйственное развитие в бассейне Евфрата по мере исчерпания его ресурсов вызывает все большую напряжен-

[2] Lohmann L. // Ecologist. 1990. V. 20. N 2. P. 61—66.

[3] Cox S. // World Rivers Review. 1989. July/August. P. 23—29.

[4] Changming L., Dakand Z., Yuexian X. Water Transfer in China: The East Route Project // Large Scale Water Transfers: Emerging Environmental and Social Experience. UNEP, 1985. P. 103—118.

[5] Chen G. // Bulletin of Soil and Nature Conservation. 1987. V. 7. N 5. P. 42—46.

ность в отношениях сопредельных Турции, Сирии и Ирака. В последние годы яблоком раздора стал амбициозный проект Турции построить на Евфрате и Тигре до 2000 г. 21 крупный гидроузел общей стоимостью 21 млрд. долл., которые должны дать воду засушливым юго-восточным районам страны, а также полностью решить проблему дефицита электроэнергии.

Еще в августе 1990 г. на Евфрате должно было быть завершено возведение массивной плотины Ататюрк, объем водохранилища которой в четыре раза превышает годовой сток реки. Для его заполнения в начале 1990 г. Турция в течение месяца полностью отводила воды Евфрата, оставив на голодном пайке соседей, чьи территории расположены ниже по течению. Однако это строительство, как и сооружение других гидроузлов, вряд ли будет в скором времени завершено из-за событий последней войны в Персидском заливе. Если же проект будет реализован, то он будет иметь негативные последствия для водного хозяйства Ирака и особенно Сирии, для которой Евфрат является единственным крупным источником воды. Сокращение его стока на территории страны с обычных 32 км^3/год до 20 км^3/год может стать катастрофическим для сельского хозяйства, промышленности и бытового водоснабжения. В Ираке годовой сток реки уменьшится до 11 км^3 против 13 км^3, ежегодно используемых для орошения. Однако существует потенциальная возможность восполнить потери за счет увеличения забора из Тигра.

Трехсторонняя комиссия по Евфрату, специально созданная для урегулирования спорных вопросов, до сих пор бездействует, в то время как ее участники нередко используют возникающие трудности для оказания политического и военного нажима друг на друга.

ОСВОЕНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ АМАЗОНИИ

За последние 20 лет энергетические мощности Бразилии возросли в пять раз, однако и этого оказалось недостаточно для удовлетворения потребностей развивающейся экономики. В поисках решения проблемы все чаще обращаются к гигантскому гидроэнергетическому потенциалу бассейна Амазонки. Недавно государственная компания «Электробраз» опубликовала «План 2010», согласно которому в предстоящие два десятилетия мощность энергетики страны увеличится в четыре раза, главным образом за счет строительства 79 новых ГЭС в Амазонии общей стоимостью 38 млрд. долл[6]. Этот проект находится в русле экономической стратегии Бразилии по ускоренному освоению ресурсов этого обширного региона, несмотря на очевидный невосполнимый ущерб природе одного из последних нетронутых уголков мира.

«План 2010» сразу же стал объектом критики как в стране, так и за рубежом. Его противники указывали, что массовое гидроэнергетическое строительство в Амазонии приведет к сведению влажнотропических лесов, переселению жителей, исчезновению эндемичной флоры и фауны, распространению шистоматоза и малярии, созданию мелких водохранилищ, что уже и произошло при сооружении гидроузлов на р. Токантине и притоке Амазонки Уатуме. Стоимость 1 кВт · ч ГЭС на Уатуме не уступает стоимости электроэнергии солнечных установок.

Существуют расчеты, по которым то же количество электроэнергии, которое «Электробраз» планирует получить при осуществлении этого проекта, может быть получено за счет повышения эффективности промышленных энергоустановок, бытовых электроприборов и уличного освещения.

МБРР пока откладывает предоставление займа на осуществление «Плана 2010», но его инициаторы не теряют надежды получить необходимые средства, реализуя его по частям.

ПЛОТИНА НА НАРМАДЕ

До недавнего времени Нармада, по сути, оставалась единственной крупной рекой Индии, не охваченной водохозяйственным строительством. Ныне в ее бассейне планируется соорудить 30 крупных, 135 средних и 3000 малых плотин, чтобы дать воду засушливым районам штатов Мадхья-Прадеш, Гуджарат и Махараштра. В настоящее время близок к завершению основной гидроузел проекта — гигантская плотина Сардар Саровар высотой около 180 м, длиной 1600 м с водохранилищем протяженностью более 200 км (стоимость 5 млрд. долл.).

Однако местные жители напуганы предстоящими планами переселения до 100 тыс. человек в результате заполнения водохранилища гидроузла, которое затопит до 40 тыс. га пахотных земель (всего, по проекту, в бассейне Нармады намечено переселить свыше 1 млн. чел.)[7]. Большую тревогу вызывает у них и возможное распределение водных ресурсов реки. Так, в Гуджарате из 52 административных единиц, отнесенных к категории засушливых, в 30 условия орошения фактически не улучшаются, в то время как ирригационные каналы Сардар Саровара будут направлены в другие, гораздо более водообеспеченные районы. Гидроузел «оттягивает» средства, столь необходимые для создания водохозяйственной инфраструктуры в действительно нуждающихся регионах.

Таким образом, разработка (а в ряде случаев и осуществление) новых водохозяйственных «проектов века» идет полным ходом. Какие-либо осязаемые результаты для экономики развивающихся стран они могут дать лишь за пределами XX в., а последствия для населения и окружающей среды станут реальностью в самом ближайшем будущем. В этом плане у всех них имеются общие черты.

Во-первых, их гигантские параметры, определяющие огромные объемы строительных работ и требующие колоссальных финансовых затрат, задуманы и рассчитаны инженерными фирмами западноевропейских стран, США и Японии без должного учета местной социальной

---

[6] Lenssen N. // World Watch. 1989. V. 2. N 3. P. 7—8.

[7] Postel S. / Worldwatch Paper 93. 1989. December.

и экологической ситуации и реальных нужд населения. Большинство запланированных объектов не предусматривает обслуживания районов, непосредственно примыкающих к ним. Отвод крупных земельных участков под сами стройки, заполнение водохранилищ сопряжены с уничтожением среды обитания людей и необходимостью их переселения. Опыт развивающихся стран свидетельствует, что такие переселенцы редко получают достаточно компенсации за утраченные владения и имущество.

Трудно оценить ущерб, который могут нанести природе подобные проекты. Места для плотин и ГЭС выбраны исключительно в районах девственных лесов и пока еще не нарушенной среды, где сосредоточены уцелевшие образцы тропической флоры и фауны. Угроза утери природного генофонда и биологического разнообразия с их реализацией становится еще острее.

В то же время существует немало возможностей отказаться от грандиозных объектов в пользу хорошо зарекомендовавших себя средних и малых водохозяйственных сооружений, которые в своей совокупности обещают не меньший экономический эффект при неизмеримо меньших потерях для людей и окружающей среды.

РЕКЛАМА, ОБЪЯВЛЕНИЯ

Ленинградский электротехнический институт (ЛЭТИ)

ПРЕДЛАГАЕТ

— новые, управляемые компьютером IBM PC, малогабаритные спектрометры электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) для научных исследований;
— проблемно-ориентированные, оснащенные программируемым контроллером, анализаторы ЭПР для контроля технологических процессов в промышленности;
— малогабаритные спектрометры времени жизни позитроиов для определения качества поверхности материалов (поверхностная микротвердость, наличие примесей, дефектов, фазовых переходов), изучения радиационных эффектов в материаловедении, экологии, онкологии и т. д.;
— микроволновые и высокочастотные анализаторы для экспресс-измерения диэлектрических свойств материалов, влажности, вязкости и примесей в технологических продуктах в лабораторных и промышленных условиях;
— малогабаритные магнитные системы для радиоспектроскопической аппаратуры, измерений магнитной восприимчивости, магнитной анизотропии и т. п.

Предлагаемую аппаратуру отличают высокие технические характеристики, низкая стоимость и простота эксплуатации.

Наша аппаратура поможет Вам получить желаемый результат в короткие сроки при минимум затрат и максимуме надежности.

Наш адрес: 197376, Санкт-Петербург, ул. проф. Попова, д. 5, ЛЭТИ
Тел.: 234-96-56, телекс 321057 АЛЕКС.

«Моя антисоветская деятельность...»

Один год из жизни Л. Д. Ландау

Г. Е. Горелик,
кандидат физико-математических наук
Институт истории естествознания и техники АН СССР
Москва

В НАЧАЛЕ 1990 г. четвертым изданием вышла биография Ландау, которая, в частности, дополнена словами: «Впервые выходит книга об академике Льве Давидовиче Ландау, в которой нет белых пятен в его биографии: раскрыта история его ареста и освобождения, названа фамилия предателя, в корыстных целях написавшего гнусный донос, будто Ландау — немецкий шпион»[1].

Однако всего через несколько месяцев «предатель и доносчик» обратился в суд с требованием защитить его честь и достоинство. Основываясь на документах, включающих справку из Центрального архива КГБ, суд решил дело в пользу истца — Л. М. Пятигорского — и обязал автора биографии опубликовать опровержение, что и было сделано с выражением глубокого сожаления[2].

«Белое пятно» в биографии Ландау забелело еще ярче.

Наше время, однако, не благоприятствует сохранению белизны, и всего два месяца спустя в журнале «Известия ЦК КПСС» появилась пространная публикация: материалы следственного дела Ландау из архива КГБ — документ за документом (о небольшом исключении речь впереди), два письма из архива ЦК КПСС и расписка П. Л. Капицы, данная Берии[3].

Судя по отсутствию каких-либо исторических комментариев, публикаторы сочли, что документы говорят сами за себя. Они действительно говорят о многом и даже кричат, но разобрать в шуме времени слова, различить истину и ложь бывает очень трудно.

Ландау принадлежит фраза, выразительно передающая психологическую суть той физики, в которой он жил,— физики микромира: «Человек может понять даже то, что ему не под силу себе представить». Однако если речь идет об истории физики, то здесь, чтобы понять, по-прежнему — как и до квантовой механики — нужно уметь представить себе реальное состояние человека в реальных — хотя порой и сюрреалистических — обстоятельствах. Поэтому и не обойтись без исторических пояснений.

Подтверждает эту необходимость общее впечатление, которое, как выяснилось, возникает у прочитавших подборку документов в «Известиях ЦК» невооруженным глазом — не вооруженным знанием ситуации и сверхвооруженным фольклорным представлением об «органах». Впечатление состоит в том, что антисталинская листовка, фигурирующая в деле Ландау,— это подделка умельцев из НКВД и что Ландау, хлипкий интеллигент, слишком быстро сломался.

В АРХИВЕ КГБ

У пишущего эти строки есть причины думать иначе, поскольку он прочитал дело Ландау и несколько других дел в оригинале. Да, архивы КГБ наконец-то открылись. Точнее говоря, руководство КГБ, в ответ на просьбу историков, предоставило возможность изучить следственные дела физиков. Историков науки влекло не стремление отыскать следы смертных мук своих героев: лживо-деловитые протоколы, топорные приговоры и казенные справки о приведении их в исполнение не скажут об этом лучше тех, кому удалось уцелеть в кромешном «обострении классовой борьбы». Историки надеются найти сведения о жизни людей науки не в такие уж и далекие, но такие непонятные 20—50-е годы.

Страшно произносить слова о том, что истории отечественной науки повезло, но где и когда действующий физик, академик и директор институтов подробнейшим образом описывал свое научное окружение и свое «политическое кредо», как это сделал П. П. Лазарев, попав в 1931 г. в ОГПУ?!

Только в период наркомства Ежова следственные дела малосодержательны для

---

[1] Бессараб М. Я. Ландау. Страницы жизни. 4-е изд. М., 1990.

[2] «Московский рабочий» приносит извинения // Вечерняя Москва. 1991. 25 января.

[3] Лев Ландау: год в тюрьме // Известия ЦК КПСС. 1991. № 3.

истории науки — кровавое месиво, снабженное тупым сюжетом о терроризме-троцкизме-фашизме, по существу без всякой связи с реальностью. А до и после самого низкорослого из народных комиссаров дела шились и вышивались по канве реальной жизни. Иногда достаточно убрать криминальные эпитеты (вроде «антисоветские и контрреволюционные» действия, из-за частоты употребления сокращавшиеся до а/с и к/р), чтобы увидеть реальность.

Это относится и к делу Ландау, которое мне довелось читать в кабинете, где оно, возможно, и заполнялось. И видное в окно здание Внутренней тюрьмы, где Ландау провел год, помогало сосредоточиться и понять то, чего в деле прямо не прочтешь[4]. Например, что между документами, мало различающимися в типографском исполнении, на самом деле имеется большая разница. Что наиболее естественное происхождение имеют собственноручные «Личные показания Ландау Л. Д.», а протокол допроса — это сочинение, в котором реальное и вымышленное перемешаны чиновничьей рукой[5]. Что документы дела надо читать в свете двух неказистых листков из блокнота, с отрывочными записями, сделанными зелеными чернилами. Эти листки не вошли в публикацию «Известий ЦК», а зря. Сугубо деловая записка появилась, видимо, тогда, когда сверху поступила команда выдать профессора Ландау на поруки академику Капице и надо было эту «выдачу» оформить. Зеленая записка представляет собой краткий отчет о пребывании Ландау на Лубянке, отчет анонимный и составленный явно для служебного пользования.

«Ландау Л. Д.
арест. 27.IV.38 г.
дал показания в июле 1938 г., подписал протокол 3.IX. 38 г., об окончании след. объявили 21.XI.38 г. 15.XII.38 г. предъявили дело, 24.I.39 г. объявили о передаче дела прокуратуре, 25.III.39 г. объявили о передаче дела в Московский трибунал.

Дело велось в СПО [секретно-политическом отделе] центра, следователи — Масленников, Вальдберг, Литкенс[6].

7 часов стоял, замахивались, не били, показывали бумагу о переводе в Лефортово, в камере знали.

1 1/2 м-ца не допрашивали. Литкенс — убеждал, по 12 часов. 6 дней сидел в кабинете без разговоров, объявил голодовку.

Прочел показ. харьковских физиков — **Шубникова** и **Розенкевич.**

Был за границей — Германия, Швейцария, Дания, Голландия и Англия с 1929—31 гг. Рокфеллеровск. стипендия —

В 1933 г. Копенгаген
1934 г. — « »

на конференц. по приглаш. Бора — датский физик.

С 1932 по 1937 гг. в Харьковск. физико-технич. институте, научная работа. С 1937 г. ин-т физ. проблем — Капица.

Холост, отец — инженер, без работы, обвинялся по вред. процессу в 30—31 гг., осужден был, освобожден.

Мать — врач — преподает физиологию.

Родственники — за границей — в Палестине, тетки.

Корец — Москва — физик. показ.— участие в а/с листовке.

Румер — физик, Москва — вместе с Корец участвов. в а/с вред. деят.

Шпионаж — в пользу одной из иностр. разведок.

Назвал Капицу и Семенова — как уч-ков организации — руководив. моей а/с работой.»[7].

Что такое а/с, уже сказано, а вот «показывали бумагу» надо пояснить. Потребности НКВД в Москве обслуживали три тюрьмы: Внутренняя, Лефортовская и Бутырская. В этой же последовательности ухудшались, и очень сильно, условия существования заключенных. «В камере знали» и Ландау (по свидетельству родных) знал, что в Лефортове пытают.

Так что «хлипкий интеллигент» раскололся не сам и не сразу. Он и в самом деле был довольно хлипким: тощий, узкоплечий, «дохлого здоровья» (как писал Капица Молотову). По воспоминаниям друзей, как Ландау ни хотел научиться играть

---

[4] Помогали и консультации сотрудника Архива КГБ С. С. Ногина, которому автор очень признателен.

[5] Вот самый наглядный пример. Протокольный следователь спрашивает 3 августа 1938 г.: «А членам вашей организации — Румеру, Бронштейну — было известно о подготовке этой листовки?». На что протокольный Ландау отвечает: «Я никого не информировал об этом и от Корец не слышал, чтобы он сообщал о нашем замысле Румеру или Бронштейну». А на предыдущей странице протокола зафиксировано, что идея листовки возникла в апреле 1938 г. Следователю имя Бронштейна могло ничего не говорить, но Ландау-то знал, что Матвей Петрович Бронштейн, один из ближайших его товарищей, арестован еще в августе 1937 г.

[6] Из дела следует, что Масленников, арестовавший Ландау, сам был арестован в 1939 г.; вклад Вальдберга и Литкенса в деле не зафиксирован, следственные документы подписаны Г. Ефименко — в августе сержанта, а в декабре уже мл. лейтенанта.

[7] Центральный архив КГБ. Дело № Р — 18609 (Л. Д. Ландау). Л. 66—67.

У входа в лабораторный корпус УФТИ. Первый ряд: Л. В. Шубников, А. И. Лейпунский, Л. Д. Ландау, П. Л. Капица. Второй ряд: Б. Н. Финкельштейн, О. Н. Трапезникова, К. Д. Синельников, Ю. Н. Рябинин. 1934 г.

в волейбол, попасть по мячу было выше его сил.

Далеко не все можно легко себе представить в 1991 г. Атмосфера ожидания этого и ночной арест, поездка в «черном воронке» по ночной Москве и процедура **полного** обыска (не раз уже описанная), переход, точнее, перепрыг, из жизни, в которой тебя — 30-летнего профессора — окружающие уважают, побаиваются, обожают, к существованию, когда на тебя равнодушно смотрят, как на пока еще живой труп. Из арсенала, перечисленного в зеленой справке, легче всего воспроизвести «7 часов стоял». Тот, кто, читая показания Ландау, подумает, что он бы на месте Ландау..., имеет возможность постоять, не сходя с места, 7 часов и поразмыслить, учитывая при этом, что цифра 7 смехотворно мала по сравнению с обычными в таких случаях сроками...

В приведенной справке указаны основные вехи тюремного года Ландау и названы главные соучастники (от слова «участь») его дела: Л. В. Шубников и Л. В. Розенкевич, арестованные в Харькове в августе и расстрелянные в ноябре 1937 г.; Ю. Б. Румер и М. А. Корец, арестованные вместе с Ландау в один день, точнее, в одну ночь, с 27 на 28 апреля 1938 г.

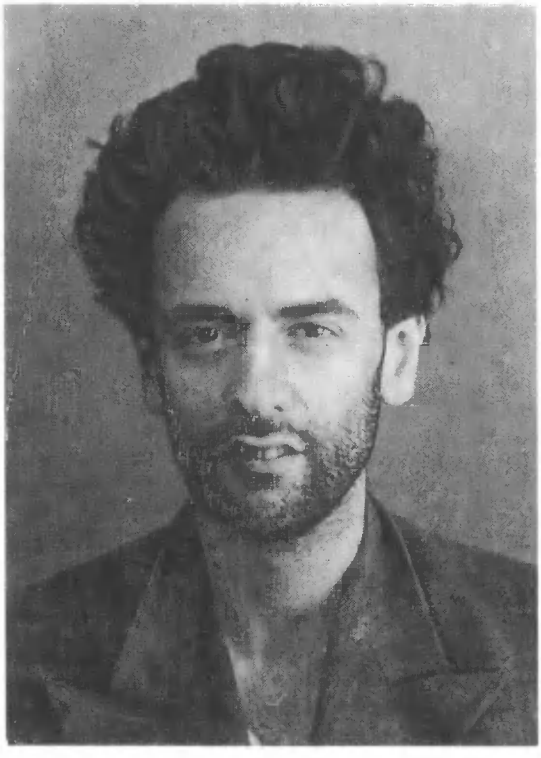
Моисея Абрамовича Кореца (1908—1984) помнят сейчас, помимо его близких, видимо, прежде всего в журнале «Природа», где он работал многие годы, вернувшись с Севера в 1958 г., после своего 10+4+∞-летнего срока (как известно, в последние сталинские годы отбывших лагерный срок поселяли в местах отдаленных «навечно»).

По воле судьбы пишущему эти строки довелось познакомиться с М. А. Корецом в 70-е годы и расспрашивать его о событиях 30-х, когда он был одним из ближайших к Ландау людей. Подобно многим другим, Корец, попав в сверхсильное поле личности Дау, с удовольствием этому полю подчинился. В источнике поля сконцентрировалась огромная интеллектуальная мощь и... во многом детское отношение к жизни.

Впрочем, психологический портрет Дау хорошо известен благодаря большому количеству его почитателей и заметно меньшему числу хулителей. И нам здесь следует заняться не столько психологией, сколько социологией или социальной психологией выдающегося физика и его друзей. Ведь именно этой сферой должны были заниматься следователи Секретно-политического отдела ГУГБ НКВД.

БОРЬБА ПРОТИВ ДИАМАТА

Воспользуемся результатом усилий этого отдела — личными показаниями Ландау, добытыми в июле 1938 г. после всего того, что сухо перечислено в вышеприведенной справке. Шесть страниц собственноруч-



Из следственного дела Л. Д. Ландау. 1938 г. Архив КГБ СССР.

ных показаний — это, возможно, самая большая рукопись Ландау. Из-за своей знаменитой графофобии ему требовалась дополнительная — пишущая — рука. И до того, как обязанности этой руки принял на себя целиком Е. М. Лифшиц, таких правых рук у Ландау было несколько. В их числе — М. А. Корец и Л. М. Пятигорский, рассказы которых будут прерывать и дополнять «Личные показания Ландау Л. Д.», воспроизводимые здесь по рукописи[8]:

«Моя антисоветская деятельность ведет свое начало с 1931 г. Являясь научным работником, физиком-теоретиком, я враждебно отнесся к пропагандируемому в то время партией внедрению в науку диалектического материализма, который я рассматривал как вредное для науки схоластическое учение. Это мнение разделялось научной средой, в которой я в это время вращался,— ведущими физиками-теоретиками Ленинграда. Сюда относятся Г. А. Гамов, М. П. Бронштейн, Я. И. Френкель, Д. Д. Иваненко. Гамов вообще придавал главное значение удобствам своей личной жизни и считал, что советская власть не обеспечивает своим ученым таких жизненных удобств, как капиталистические страны (в дальнейшем он стал невозвращенцем).

В наших разговорах мы всячески осмеивали диалектический материализм. Это мнение мы, хотя и более осторожно, проявляли и вовне; в частности, те из нас, которые занимались преподавательской деятельностью, в своих лекциях заявляли о никчемности диалектического материализма. В своей научной работе мы полностью следовали концепциям буржуазных ученых. В своей антидиалектической деятельности в науке, защищая буржуазную науку мы, действовали сообща и были уверены во взаимной поддержке.

В середине 1932 г. я, считая предложенные мне в Харькове условия более благоприятными, переезжаю в Харьков».

Весной 1931 г., с которого Ландау начал отсчет своей «антисоветской деятельности», он вернулся в Ленинград после полуторагодового пребывания в главных центрах европейской (читай — буржуазной) физики. А в августе, после трехлетнего пребывания за границей, вернулся Гамов, и началось то, что можно назвать второй молодостью «Джаз-банда».

Веселое объединение с таким названием возникло у молодых физиков Ленинградского университета в середине 20-х годов. Тогда, правда, в центре ансамбля были «три мушкетера» — Джони (Гамов), Димус (Иваненко) и (Лан) Дау. К осени 1931 г., по причинам психометафизическим, Димус начал отдаляться от «Джо-банды» (в ходу было и такое название), а эпицентром многих бурных событий в жизни советской физики стал «триумвират» — Джони, Дау и Аббат (М. П. Бронштейн).

Повзрослевшие и уже крепко стоявшие на ногах молодые теоретики наибольшее внимание оказывали теперь своей родной теоретике (как называли они теоретическую физику) — и ее содержанию, и ее общественному положению. Считанные месяцы в конце 31-го и начале 32-го годов вместили в себя несосчитанное количество физико-социальных событий. Крупнейшие из них — энергичная и весьма успешная кампания по выборам Джони в академики (в феврале 1932 г. появился 27-летний членкор), язвительная фототелеграмма в редакцию БСЭ (вызвавшая громкий скандал) и, пожалуй, самое главное — грандиозная, но, увы, безуспешная попытка создать для себя и для

[8] В «Известиях ЦК КПСС» текст напечатан по машинописной копии, сделанной еще во время оно весьма небрежно.

советской теоретики Институт теоретической физики АН СССР — ИТЕФ.

Отнюдь не главным делом для молодых теоретиков было осмеивать диамат, а точнее, его невежественных внедрителей. Не менее острые насмешки адресовались «престарелым зубрам» — 40-, 50-летним физикам, «безнадежно отставшим» от жизни науки. Уж если добродушный Я. И. Френкель в сердцах обозвал троицу — «Хамов, Хам и Хамелеон», то, значит, было за что. Прикрыв глаза на хулиганистые манеры, можно поверить показаниям Ландау — защищая науку, они действовали сообща[9].

Однако в Харьков Ландау переехал не от хорошей жизни к еще более благоприятной. Главным, судя по всему, стала неудача с ИТЕФом и невыносимо стеснявшая его опека старших (по возрасту и должности) физиков.

Но вернемся во Внутреннюю тюрьму. Итак:

«В середине 1932 г. я ... переезжаю в Харьков. Там я занимался и преподавательской деятельностью, где пропагандировал антидиалектические взгляды. В своих лекциях я выхолащивал диалектическое содержание физики, стараясь, таким образом, воспитывать советских студентов в духе буржуазной науки.

К этим взглядам я в дальнейшем привлек и знакомого мне еще ранее Л. В. Розенкевича, который не имел до этого четко выраженных взглядов, но под влиянием разговоров со мной перешел на мои позиции. В дальнейшем я сошелся с другим физиком, Л. В. Шубниковым. Обмен мнениями показал, что наши взгляды на диалектический материализм совпадают. Таким образом, к началу 1935 г. в Харькове оказалась группа единомышленников в составе Шубникова, Розенкевича и меня.

В начале 1935 г. в Харьков приехал М. А. Корец, с которым я и Шубников вскоре подружились и который тоже разделял наши взгляды на диалектический материализм. Начиная с середины 1935 г. наша деятельность переходит в следующий этап. Наряду [с борьбой] с линией партии в вопросе о диалектическом материализме мы начинаем вести борьбу с линией партии в вопросе об организации науки. Мы считаем, что проводимое в СССР слияние чистой и прикладной науки вредит научной работе и необходимо обособить одну от другой».

[9] Подробнее в кн.: Горелик Г. Е., Френкель В. Я. Матвей Петрович Бронштейн (1906—1938). М., 1990.

«ТОЛЬКО ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ НАУКОЙ...»

Корец познакомился с Ландау еще в Ленинграде, осенью 1931 г., когда был студентом четвертого (последнего) курса физико-механического факультета ЛПИ, а Ландау там преподавал. После нескольких лет работы в Уральском ФТИ Корец переехал в Харьков, в Украинский ФТИ (УФТИ).

Дружеские отношения стали особенно близкими летом 1935 г. В начале лета Ландау и Кореца отправили из Харькова в деревню в качестве уполномоченных по сельскому хозяйству (!). Ландау, глубоко неравнодушный к проблемам образования, побывал в сельской начальной школе (где учитель читал с запинками) и в средней на выпускных экзаменах (где требовались зазубренные ответы на вызубренные вопросы). С высшим образованием Ландау был хорошо знаком, и общая картина его удручала.

К этой картине добавлялось все тяжелеющее положение в УФТИ после того, как на должность директора вместо А. И. Лейпунского (уехавшего в апреле 1934 г. на стажировку в Германию и Англию) назначили некоего Давидовича, имевшего заслуги перед Советской властью, но не перед наукой. Новый директор с пылом принялся наводить порядок в подведомственном ему учреждении...[10] Когда Шубников называл Ландау в шутку «Лев Давидо́вич»[11], веселье было довольно горьким — конфликт между Давидовичем и Давидо́вичем назревал неуклонно.

В конце лета 1935 г. три физика — Толстый Лев (Шубников), Тощий Лев (Ландау) и Миша Корец под водительством жены последнего, Норы, отправились в путешествие по Крыму. Маленькая женщина, завзятая и азартная походница, с которой мне выпало счастье познакомиться в горах Кавказа 24 года назад, рассказывала у костра и о жизни 30-х годов, и о том 100-километровом походе по горному Крыму. Как с удовольствием карабкались по крымским скалам; как Львы, не желавшие считаться и с туристскими правилами, утоляли жажду из всех попадавшихся на пути источников, не обращая внимания на соседство лягушек; как ночевали под открытым небом (палатки и спальные мешки тогда еще не вошли в употребление). Помимо красот природы

[10] Вайсберг А. Россия в горниле чисток (отрывки из книги) // Лейпунский А. И. Избранные труды. Воспоминания. Киев, 1990. С. 270—273.

[11] Трапезникова О. Н. Воспоминания // Шубников Л. В. Избранные труды. Воспоминания. Киев, 1990. С. 285—289.

М. А. Корец. 1935 г. Из архива дочери, Г. М. Корец.

в центре походных разговоров были оставшиеся в Харькове проблемы.

В соответствии с духом времени трудность проблем не столько угнетала, сколько раззадоривала, побуждала бороться за правое дело. К духу времени добавлялся темперамент. Ландау задумал написать серию статей в газету о проблемах образования, созревал план перестройки УФТИ с заменой Давидовича.

Как и многие его коллеги-физики, Ландау верил тогда в огромные возможности советского социализма, в возможность сделать советскую физику лучшей в мире. Об этом говорят воспоминания его коллег и друзей (в особенности интервью в Дании 1931 г., о котором вспоминает Х. Казимир)[12]. Об этом говорит и статья Ландау «Буржуазия и современная физика», опубликованная в «Известиях» 23 ноября 1935 г. Писалась эта статья рукой Кореца, но Ландау очень требовательно относился к словам и отвечал за каждое. Большая часть статьи посвящена трудному положению физики на Западе, поскольку она «находится в резком противоречии с общей идеологией современной буржуазии, которая все больше впадает в самые дикие формы идеализма». Конец же статьи отечественный:

«Совершенно иначе относится к науке победивший пролетариат. Партия и правительство предоставляют небывалые возможности для развития физики в нашей стране. В то время как буржуазная физика черпает свои кадры из узкого круга буржуазной интеллигенции, которым занятие наукой по карману, только в Советском Союзе могут быть использованы все действительно талантливые люди, которые, в противоположность выдвигаемой буржуазией теории, встречаются среди трудящихся не реже, чем среди эксплуатирующих классов. Только государственное управление наукой в состоянии обеспечить подбор действительно талантливых людей и не допускать засорения научных учреждений различными непригодными для научной работы «зубрами» от науки, по существу тормозящими ее развитие. ⟨...⟩ Мы обязаны сейчас мобилизовать все свои силы на построение лучшего в мире физического вуза, на воспитание лучшего в мире состава физиков-исследователей и на создание самой богатой и здоровой популярной литературы...»

Кого-то удивит близость этой лексики к уже забывающимся шаблонам советской идеологии. Но это свидетельствует лишь о том, насколько эффективно политическая диктатура эксплуатировала идеологию и насколько советским человеком был Ландау.

Вернемся, однако, в то время, когда идеологические шаблоны еще не обнаружили всю свою шаблонность. Как же Ландау с друзьями собирались социалистически реконструировать УФТИ осенью 1935 г.?

«ВРЕДИТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ» ПО РАЗДЕЛЕНИЮ УФТИ

В Лубянских показаниях читаем:

«...Проводимое в СССР слияние чистой и прикладной науки вредит научной работе, и необходимо обособить одну от другой.

Исходя из этой точки зрения Шубников (а за ним и другие) поставил вопрос о необходимости разделения института и уменьшения технической работы в научных отделах института. Эта постановка вопроса нами более или менее открыто и проводилась в институте. Так, мы требовали от сотрудников института прежде всего научной, а не технической квалификации. ⟨...⟩

Партийная организация института вела с нашими установками борьбу, и нам не удалось добиться желаемого нами разделения. Это нас озлобило, и мои разговоры

[12] Воспоминания о Л. Д. Ландау. М., 1988.

с Корецом и Шубниковым (от Розенкевича я к этому времени отошел) получили более резкий характер. Мы стали высказывать возмущение тем, что в научных институтах научные руководители не являются хозяевами и противопоставили это положение организации науки в буржуазно-демократических странах. В дальнейших беседах (на квартирах у Шубникова и моей) как я, так и Корец, и Шубников переходят к общему недовольству советской властью. Уже по поводу арестов в связи с убийством т. Кирова мы высказывали недовольство массовостью арестов, считая, что арестовывают ни в чем не повинных людей».

Здесь не место обсуждать вопрос о соотношении чистой науки и прикладной, вопрос, не имеющий универсального ответа. Если поверить очевидцам и участникам событий, основания добиваться реорганизации института были серьезные. Допустим даже, что Львы (теории и эксперимента) не вполне понимали соотношение прикладной науки и чистой в реальных советских условиях. Зато они хорошо, на собственном опыте, были знакомы с деятельностью передовых физических институтов в «буржуазно-демократических странах» и ясно видели всю пагубность чисто партийного руководства наукой.

«Более или менее открытая» борьба с парторганизацией не сводилась к резким закрытым разговорам. Цитированную выше статью Ландау и Корец сами привезли в «Известия», где их принял главный редактор Н. И. Бухарин. Он прочитал статью при авторах и тут же направил ее в печать.

Однако в весьма многотиражной и всесоюзной газете конкретные проблемы УФТИ не поместились. То было время, когда стенные газеты тоже активно участвовали в общественной жизни. И в стенгазете УФТИ появилась статья, излагающая позицию и аргументы двух Львов и сочувствующих им. Статью подписал М. Корец. Это уже было вещественным доказательством массовой агитации и пропаганды. В ноябре 1935 г. Кореца арестовали (говорили, что об этом Давидович попросил своих товарищей из НКВД). В следствии фигурировало также изъятое при аресте ответное письмо Лейпунского (из Кембриджа) Ландау с обсуждением реорганизации УФТИ. Фигурировало также свидетельское показание Л. М. Пятигорского, подтвердившего, что Корец говорил с ним о разделении института.

Пятигорский был единственным коммунистом в группе Ландау (в которую входили также А. И. Ахиезер, А. С. Компанеец, Е. М. Лифшиц, И. Я. Померанчук). Как и другие, он боготворил Ландау. Но не менее сильное чувство он испытывал к Советской власти, благодаря которой беспризорник, потерявший в гражданскую войну всех родных и правую руку, получил высшее образование и возможность заниматься наукой.

Ландау поручил Пятигорскому писать «Механику» — первый том знаменитого впоследствии «Курса теоретической физики», и Пятигорский усердно этим занимался. Однако, по его свидетельству, «такой, какой она стала, «Механика» обязана, несомненно, Дау, который написал оглавление и редактировал текст, выбрасывая все лишнее и стремясь к предельной лаконичности»[13].

Что касается разделения института, тут Пятигорскому впору было самому разделиться надвое. Он, благодарный судьбе (и тогда и полвека спустя) за то, что несколько лет провел рядом с «великим физиком и настоящим коммунистом без партбилета», тем не менее в 1935 г., в согласии с парторганизацией «считал идею разделения УФТИ неправильной, учитывая положение в мире и в стране». По поводу своих свидетельских показаний 1935 г. полвека спустя он сказал: «Я — коммунист и не мог врать советскому суду. Я сказал правду. Позже я не раз обдумывал это и понял, что не мог поступить иначе» (и это несмотря на то, что после его показаний Ландау и его группа прекратили с ним отношения). «Я имел честь быть вычеркнутым из списка коммунистов и внесенным в список фашистов»,— с горечью сказал он (списки коммунистов, зубров и фашистов велись в специальной тетради и вел их до этого как раз Пятигорский).

То, что сказано, разумеется, слишком мало и схематично для воссоздания ситуации. Добавим лишь, что Корец после всего пережитого не испытывал к Пятигорскому злых чувств... А в 1935 г. Кореца приговорили к полутора годам лагерей.

Однако борьба за УФТИ на этом отнюдь не закончилась. Друзья Кореца написали письмо в ЦК партии с просьбой заменить директора, ездили в Комиссию партийного контроля, Ландау написал письмо наркому внудел УССР с ходатайством об освобождении Кореца. И добились своего. Давидовича сняли, вместо него директором вновь назначили А. И. Лейпунского, отозвав его из Англии. Приговор Корецу отменили, и в августе 1936 г. его освободили.

37-Й ГОД

Однако для торжеств оснований не хватало. Именно в августе 1936 г. для совет-

[13] Беседа с Л. М. Пятигорским 22 июля 1986 г.

ских физиков начался «37-й год». В Москве арестовали Б. М. Гессена — директора Физического института МГУ, зам. директора ФИАНа, члена редколлегии УФН; осенью — аресты ленинградских физиков, разгром Пулковской обсерватории...

«...Уже по поводу арестов в связи с убийством т. Кирова мы высказывали недовольство массовостью арестов, считая, что арестовывают ни в чем не повинных людей. Ещё в большей степени нас озлобили аресты большого количества специалистов, начиная со второй половины 1936 г. Резко отрицательно мы отнеслись к закону о запрещении абортов, считая, что он принят против воли большинства страны[14].

Таким образом, к началу 1937 г. мы пришли к выводу, что партия переродилась, что советская власть действует не в интересах трудящихся, а в интересах узкой правящей группы, что в интересах страны свержение существующего правительства и создание в СССР государства, сохраняющего колхозы и государственную собственность на предприятия, но построенного по типу буржуазно-демократических государств.

Обострение борьбы с парторганизацией создало для меня в Харькове тяжелую обстановку, которая привела к тому, что в начале 1937 г. я, а потом и Корец переехали в Москву. При этом мы не изменили своих антисоветских установок, так что наши оставшиеся в Харькове единомышленники могли считать, что мы будем в Москве продолжать свою антисоветскую деятельность».

Переезд в Москву точнее было бы назвать бегством из Харькова. В декабре 1936 г. Ландау уволили из Харьковского университета. В знак протеста заявления об уходе из ХГУ подали его сотрудники, что было квалифицировано как «антисоветская забастовка»[15]. 25 января 1937 г. в НКВД вызвали А. Вайсберга... Свинцовые тучи не просто сгущались — начало капать.

8 февраля Ландау подал заявление о приеме на работу в Институт физпроблем к Капице. Спустя несколько дней в Москву перебрался и Корец.

Ландау не преуменьшал грозящую ему опасность — пожалуй, он и правда к началу 37-го многое понял. Встретив на московской улице давнишнюю свою знакомую (еще со студенческих лет) актрису К. В. Пугачеву, Ландау, не поворачивая головы, сказал: «Не подходите. За мной, наверное, следят».

А 17 апреля 1937 г. на собрании в ФИАНе, вызванном «делом Бухарина», но посвященному делу Б. М. Гессена, пришлось выступить с оправданиями Ю. Б. Румеру.

«В январе месяце я был командирован в город Харьков, где работал у Ландау. ⟨...⟩ Там было острое положение. Ландау взяли тогда в подозрение, и я считал своим долгом открыто выступать в защиту своего друга Ландау. И сейчас заявляю: «Если Ландау окажется вредителем, я, несомненно, буду привлечен к ответственности», но и теперь, когда это мое заявление запротоколировано, я все же ручаюсь за него, как за своего лучшего друга»[16]. Спустя год Румеру пришлось убедиться в верности своего прогноза.

А вот что об этом годе пишет Ландау в показаниях:

«В Москве я распропагандировал Ю. Б. Румера, с которым я и Корец вели антисоветские разговоры, хотя и не высказывали наших установок до конца. В период конца 1937 г.— начала 1938 г. со мной вели разговоры на политические темы физик П. Л. Капица и акад. Н. Н. Семенов. В этих разговорах они высказывали возмущение происходящими в стране арестами специалистов, в частности физиков, и говорили, что научная работа в СССР из-за этого гибнет. Эти взгляды, разумеется встречали с моей стороны полную поддержку и одобрение.

В конце апреля 1938 г. [в оригинале 1937 — описка.— Г. Г.] Корец поставил передо мной вопрос о желательности перехода к агитации масс в форме антисоветских листовок. Вначале я отнесся к этой идее отрицательно, с одной стороны, будучи занят своей личной жизнью и не стремясь к более активной политической деятельности, с другой, не веря в успех дела и опасаясь ареста. Однако Корец сумел убедить меня, причем я поставил ему условие, что я ни с чем, кроме самого текста листовок, не знакомлюсь, что он не знакомит меня ни с какими данными о людях, связанных с распространением этих листовок (о существовании которых он мне сообщил), и вообще ничего больше не рассказывает мне об этой деятельности. Далее Корец написал эту листовку к 1 Мая, которую

[14] Нынешнему читателю может показаться странным такое соседство арестов и абортов. Но в 1938 г. «все знали», что до 1935 г. в СССР аборт производился свободно, по желанию женщины, и что сталинскому закону о запрещении абортов предшествовало одно из первых «всенародное» обсуждение и, естественно, одобрение (см., например: Шатуновская Л. Жизнь в Кремле. Нью-Йорк, 1982. С. 166).

[15] Кикоин И. К. Как я преподавал в Харьковском университете // Воспоминания о Л. Д. Ландау. С. 160—164.

[16] Горелик Г. Е. Москва, физика, 1937 год // Репрессированная наука. Вып. 2. Л., 1991.

я в общем одобрил, сделав отдельные замечания. Листовка по мысли Кореца была для усиления [в оригинале в этом месте лишшее слово — «Кореца»] написана от имени комитета А. Р. П.— несуществующей «Антифашистской Рабочей Партии». Она призывала к организации масс для борьбы с советским правительством, которое объявлялось переродившимся «фашистским».

8/VII.38 Л. Ландау»

Как явствует из дела «распропагандированного» Румера[17], уже через несколько дней о первомайской листовке узнали там, где следует. И тамошним следователям не составило труда изъять эту листовку вместе с тремя физиками, не научившимися (к 1938 году!) держать свои мысли при себе, а язык — за зубами. И вот что смогли прочесть в Секретно-политическом отделе Центра:

«Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

Товарищи!

Великое дело Октябрьской революции подло предано. Страна затоплена потоками крови и грязи. Миллионы невинных людей брошены в тюрьмы, и никто не может знать, когда придет его очередь. Хозяйство разваливается. Надвигается голод.

Разве вы не видите, товарищи, что сталинская клика совершила фашистский переворот? Социализм остался только на страницах окончательно изолгавшихся газет. В своей бешеной ненависти к настоящему социализму Сталин сравнился с Гитлером и Муссолини. Разрушая ради сохранения своей власти страну, Сталин превращает ее в легкую добычу озверелого немецкого фашизма.

Единственный выход для рабочего класса и всех трудящихся нашей страны — это решительная борьба против сталинского и гитлеровского фашизма, борьба за социализм.

Товарищи, организуйтесь! Не бойтесь палачей из НКВД. Они способны избивать только беззащитных заключенных, ловить ни о чем не подозревающих невинных людей, разворовывать народное имущество и выдумывать нелепые судебные процессы о несуществующих заговорах. Товарищи, вступайте в Антифашистскую Рабочую Партию. Налаживайте связь с ее Московским Комитетом. Организуйте на предприятиях группы АРП. Налаживайте подпольную технику. Агитацией и пропагандой подготавливайте массовое движение за социализм.

Сталинский фашизм держится только на нашей неорганизованности.

Пролетариат нашей страны, сбросивший власть царя и капиталистов, сумеет сбросить фашистского диктатора и его клику.

Да здравствует 1 Мая — день борьбы за социализм!

Московский комитет антифашистской рабочей партии»

[17] Центральный архив КГБ СССР. Дело № Р — 23711 (Ю. Б. Румера). Л. 1—2.

ПИСАЛ ЛИ ЛАНДАУ ЛИСТОВКУ?

Вот теперь можно задаться этим вопросом. Разумеется, спустя полвека, опираясь на уцелевшие свидетельства, сомнительные уже по своему происхождению, трудно вынести приговор окончательный и обжалованию не подлежащий.

Надежно установленный закон истории гласит: чем меньше известно о какой-то исторической ситуации, тем легче возникает «единственно верное» ее объяснение. Действует нечто вроде аксиомы Евклида: через две точки проходит единственная прямая линия. Некоторым хватает даже и одной точки. Хотя, казалось бы, и неисторику понятно, что линии жизни редко бывают прямыми и что законы историометрии далеки от евклидовых. Относится это и к истории точных наук.

У привыкших почитать науку как детище чистого разума может возникнуть вопрос: а какое собственно отношение имеет изложенная секретно-политическая история к истории науки? Быть может, только то, что в анкете арестованного в графе «специальность» стоит «физик»?

Не так уж много в этом мире событий, объяснимых одной лишь причиной. Имея это в виду, можно предположить, что в обсуждаемую историю внесла свой вклад и профессия арестованных. Профессиональная привычка (ставшая второй натурой) выводить сложную картину явления «из первых принципов», готовность проверить алгеброй всякую дисгармонию — и в физике, и в лирике, и в общественной жизни — и, наконец, доверие к своей способности теоретического анализа.

Одна из трудных задач истории науки — учесть и добавить к общечеловеческой натуре исторических лиц их вторую натуру — профессиональную. Социальное поведение сравнительно небольшой группы больших профессионалов — тема, далеко не исчерпанная.

В нашем же случае к «неевклидовым» социальным обстоятельствам и к редкой в 30-е годы профессии физика-теоретика добавляется совершенно нетипичная личность, нетипичная даже среди своих коллег. Одно

Сотрудники «Природы» в гостях у М. А. Кореца. 1980 г.

необычное свойство наверняка озадачило читателей, впервые узнавших, что почти все работы, автором которых значится Ландау, написаны не его рукой. Этому не удивляются те, кто хорошо понимает, что это за профессия — теорфизика, и кто знает, каким профессионалом экстракласса он был. Графофобия Ландау может показаться очень важной для юридического вопроса «писал ли он листовку?», но еще важнее она для понимания психологических очков, через которые Ландау смотрел на мир.

Чрезвычайно строгое, рыцарское отношение к своей профессии и не связанное, казалось, никаким этикетом мирское поведение. Неукротимый рационализм и всеохватывающий материализм. Одно из объяснений графофобии Ландау — в крайней его требовательности к написанному им слову: стремление к совершенной точности очередного слова препятствовало выбрать это слово из многих возможных. Другое дело — устная, нематериализованная речь, принципиальное построение сюжета или беспощадное редактирование. Впрочем, требовательность сосредоточивалась на естественных науках. Другие Ландау называл не- и противоестественными. Одно из самых употребительных его ругательств — «филология».

Выяснять, что здесь от эпохи, а что от врожденных талантов и границ,— дело нелегкое и весьма объемное.

Поэтому, чтобы не растворить свое суждение в оговорках, скажу — субъективно и пристрастно, но опираясь на все известные мне обстоятельства,— что склонен поверить «личным показаниям Ландау Л. Д.» относительно листовки.

Знавшие Ландау в 40—50-е годы не могут представить себе, что он пусть и не сочинял, но хотя бы редактировал такой текст. Каким бы точным и четким ни был диагноз, поставленный обществу в этой листовке. В указанные десятилетия отношение Ландау к социально-политической сфере выглядело брезгливо-равнодушным. Физика и простые человеческие радости — этого ему вполне хватало.

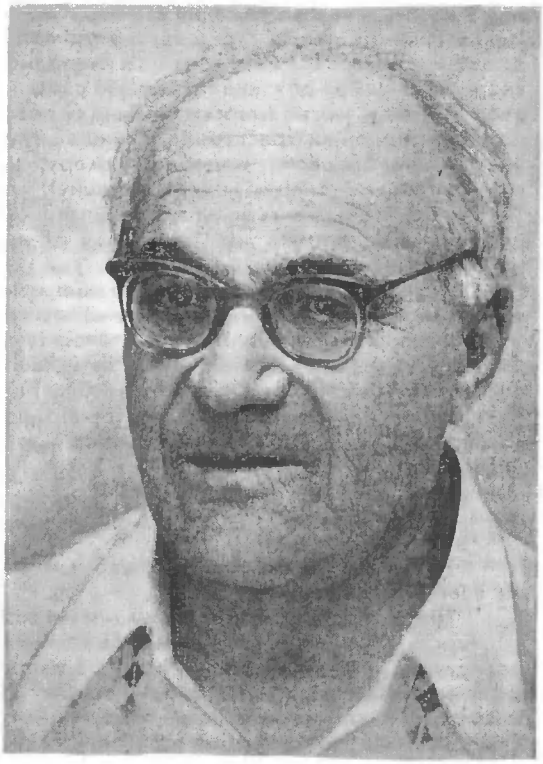
Разумеется, наука была у Ландау на первом месте и в предыдущее десятилетие, оставляя на все остальное лишь небольшую

долю рабочего времени. Более того, на три года, предшествующие аресту и соответствующие наибольшей его «политической» активности, приходится максимум его активности научной (более 20 публикаций, при средних для него — три в год). «Политический» фильтр, через который мы здесь глядим на жизнь Ландау, делает физику малозаметной, и только в этой части жизненного спектра перемена в Ландау оказалась столь велика, что многим кажется неправдоподобной.

Однако вряд ли кто не согласится, что на роль причины столь сильного изменения претендует событие тоже очень сильное.

А историку науки, имеющему дело с удивительным фактом, надо воссоздать последовательность событий, венцом которой мог бы стать этот факт. Соберем воедино: интервью Ландау датской газете в 1931 г., его статью в «Известиях» 1935 г., статью в стенгазете УФТИ, научно-политическую деятельность по созданию ИТЕФа в 1932 г. и по разделению УФТИ. Тогда листовка перестает выглядеть столь уж фантастичной. Особенно если не забывать о фантасмагории 37-го года.

Впрочем, способность не верить, как и способность верить, не имеет границ. И человек, не погрузившийся в обстоятельства, легко может предположить, что листовку Корец написал в тюрьме под диктовку следователя,— в 37-м все было возможно. Такому человеку можно посоветовать прочитать текст листовки повнимательнее и сравнить его с суконным языком других документов в деле. Для тех же, кому мало всех косвенных улик (самых главных в истории), есть прямая (и главная, по Вышинскому) — признание писавшего эту листовку Кореца. Признание это прозвучало не в кабинете следователя, а в уютных домашних условиях в начале 80-х годов, под аккомпанемент веселого щебетания внучек Кореца. Ясно было, что воспоминание о листовке не доставляет ему удовольствия. Ведь можно было думать, что она обошлась в два лагерных десятилетия для него самого и едва не стоила жизни Ландау, которого Корец глубоко почитал и любил. А о том, что М. А. Корец мог написать, свидетельствует его дар слова, реализовавшийся в популярных статьях и книгах, в стихах и поэмах[18].



М. А. Корец. 1977 г.

Однако если внимательно изучить дело Ландау, можно убедиться, что листовка — казалось бы, столь явное а/с деяние — не ключевой факт. Скорее даже лишний, не нужный СПО ГУГБ. В самом деле 3/4 протокола допроса посвящено не листовке, а вредительству в УФТИ. Здесь действовали иные документы — показания Шубникова и Розенкевича, выбитые у них в Харькове осенью 1937 г. И в перечне «преступлений» Ландау листовка занимает последнее место. А главное — «участие в антисоветской группе, существовавшей в харьковском Физико-техническом институте, и вредительская деятельность».

Восстановить полную криминалистическую картину сейчас вряд ли возможно. Подосланы ли были агенты, чтобы дополнить харьковские показания, или шла обычная «нормальная» работа сети доносителей, в которую попали Ландау и его друзья? Ежовский НКВД дополнениями и уточнениями себя не утруждал.

Для судьбы Ландау, однако, более существенно то, что Ежову недолго оставалось быть на своем посту. «37-й год», начавшийся в середине 1936 г., подходил к концу. В августе 1938 г. Берия стал заместите-

[18] Популяризацией М. А. Корец занимался еще в 30-е годы: в журнале «Техника — молодежи», № 9 за 1937 г., две его статьи — «Электронный микроскоп» и «Тремя двойками». После 1958 г. публиковал статьи в «Природе» и книги под псевдонимом М. А. Карев. Из поэтических его произведений особенно интересна поэма «Хагода» — ироничное повествование об исходе из Египта, пропитанное жизненным опытом мальчика из патриархальной еврейской семьи, превратившегося в книгознайку-безбожника, затем в физика и, наконец, в заключенного сталинских лагерей.

лем Ежова, а в ноябре заменил его полностью. Палаческий профиль страшного ведомства дополнился и несколько укротился «народнохозяйственными» обязанностями. Но само по себе это лишь могло отвести от Ландау опасность немедленного расстрела. В лучшем случае он мог попасть, подобно Румеру, на многие годы в спецтюрьму (шарашку). Но Ландау, с его характером, не отличавшимся гибкостью, вполне мог сломаться от неизбежных испытаний.

Однако Ландау повезло не только в том, что его арестовали на исходе «37-го года». Повезло ему и с директором института. Умное мужество П. Л. Капицы и авторитет, завоеванный им у Предсовнаркома Молотова, совершили чудо: вредитель и соавтор антисоветской листовки был освобожден под поручительство.

Ну а какую же мораль можно извлечь из всей этой истории?

Прежде всего, мы получаем новую возможность наглядно представить себе непонятное сейчас состояние советского общества в эпоху, которая закончилась 37-м годом. До сих пор имелись свидетельства, исходящие от «простых» людей, от людей политики, искусства, но не от ученых с их профессионально рационалистическим отношением к окружающему. А восприятие физика, не связанного по долгу службы с политикой и идеологией, интеллектуально в наибольшей мере независимого, очень показательно. Поэтому «дело Ландау» дает особенно убедительные сведения о ситуации 30-х годов. Мы можем оценить энергию российского революционного порыва, если его не погасили два десятилетия строительства сталинизма и беспощадное уничтожение «врагов народа». Мы видим, что при всей ослепленности погруженного во мглу народа, суть происходящего мог понять не только Ф. Ф. Раскольников в 1939 г., прекрасно информированный о состоянии государственных дел, глядящий на эти дела из Европы, с высокого поста полпреда и, что немаловажно, уже назначенный врагом народа[19]. Смогли понять и физики в 1938 г., знавшие о происходящем несравненно меньше и не относившиеся к «группе политического риска».

Однако оценить проницательность этих неполитиков сейчас гораздо труднее, чем объяснить их арест.

Вернемся к цитате, которой начата статья. Корыстные цели, приписанные там «доносчику»,— убрать имя соавтора с обложки книги. Заглянув в «Механику» Ландау и Пятигорского, можно узнать, что она сдана в набор за полтора месяца до ареста Ландау, и это, возможно, на почве общего отношения Ландау к Пятигорскому, породило «корыстную» причинно-следственную гипотезу.

Но вот другие факты того же рода и времени, из которых при желании можно было бы смастерить схожие гипотезы.

Второе издание «Статистической физики» Ландау и Лифшица тоже было сдано в набор, когда Ландау находился в тюрьме. Допустить, что рукопись попала в издательство, имея на титуле лишь одно имя, столь же трудно, как и то, что в набор она направилась с двумя именами.

В июле, всего через два месяца после выхода Ландау из тюрьмы, журнал «Знание — сила» публикует его статью «Теория относительности Альберта Эйнштейна». Когда он успел ее написать? Не в тюрьме же? Нет, до тюрьмы. И писал вместе с Румером, т. е., как обычно, Румер писал, а Ландау направлял и редактировал. Ну а в июле 1939 г. Румер оставался в тюрьме (до 1948 г.).

А ведь тут соавторы были связаны близкой дружбой. Что это? Разрушение этических норм? Или желание сохранить хотя бы труд сгинувшего в бездне? Подобные аналитические вопросы вряд ли возникнут у того, кто с помощью жизненного опыта или очень богатого воображения способен представить себя в 37-м году.

Те, кто скор на исторические гипотезы, исходящие из прямолинейно-евклидовского вопроса «кому выгодно?», пусть представят себе, что в 1937 г. был бы арестован академик А. Ф. Иоффе. Не сказали бы тогда, что в этом аресте виноват Ландау, который на знаменитой мартовской сессии АН СССР в 1936 г. адресовал директору Ленинградского физтеха самые резкие слова?

И последнее. Пятигорский, как выяснилось, не причастен к аресту Ландау, но именно его обращение в архив КГБ в мае 1990 г. привело к реабилитации Ландау. Да, лишь 23 июля 1990 г. Ландау перестал быть «на поруках у П. Л. Капицы», его а/с листовка признана очень даже советской, и дело прекращено «за отсутствием в деянии состава преступления».

---

[19] Поликарпов В. Федор Раскольников // Реабилитирован посмертно. Вып. 1—2. М., 1989. С. 204—235.

* В статье использованы воспоминания, которыми с автором поделились Нора Лазаревна Гепштейн, Наталья Моисеевна Корец, Клавдия Васильевна Пугачева и Леонид Моисеевич Пятигорский. Всем им автор глубоко благодарен.

Понять происходившее в 30-е годы автору помогли Павел Евгеньевич Рубинин и Евгений Львович Фейнберг.

Астрофизика

Самая юная звезда

Еще в 1983 г. инфракрасный спутник «IRAS» выполнил детальные наблюдения туманности NGC 1333, находящейся на расстоянии 1100 св. лет от Солнечной системы. Специалисты давно подозревали, что это — «инкубатор» новых звезд. Действительно, в ходе наблюдений было обнаружено семь чрезвычайно ярких «узлов» несколько южнее самой туманности.

Некоторые из них удалось отождествить с молодыми звездами, видимыми и в оптическом диапазоне, другие же оказались окутаны слишком плотным слоем облаков космической пыли. Среди них был объект, получивший наименование «IRAS-4», самый «холодный» из всех.

Недавно его исследовала международная группа астрономов из Великобритании, Германии и США, возглавляемая К. Аспином (C. Aspin; Объединенный астрономический центр на Гавайях, США). Наблюдения проводились с помощью двух приборов, расположенных на г. Мауна-Кеа (штат Гавайи): инфракрасного телескопа UKIRT и оптического телескопа им. Дж. Максвелла.

Установлено, что «IRAS-4» окружен пылевой оболочкой такой плотности, которая еще никогда не наблюдалась у молодой звезды. Это подтверждает, что перед нами — звезда на весьма ранней стадии формирования. Окутанная пылевым коконом, она может быть зарегистрирована только по излучению в инфракрасной и миллиметровой частях спектра.

Судя по всему, этой протозвезде едва исполнилось несколько тысяч лет. Пройдут еще сотни тысяч лет, прежде чем ее ядро разогреется настолько, чтобы в нем начались ядерные реакции.

Появились также свидетельства того, что «IRAS-4» на самом деле двойной объект, причем оба компонента представляют собой протозвезды; каждый имеет слегка вытянутую форму, что говорит о наличии пылевого диска, обращающегося вокруг центра системы. Из остатков таких дисков могут образоваться планеты, поиски которых так занимают астрономов.

New Scientist. 1991. V. 130. N 1767. P. 19 (Великобритания).

Астрофизика

Нейтрино и Солнце

Группа исследователей под руководством Т. Станева (T. Stanev; Университет штата Делавэр, Ньюарк, США) обработала данные, собранные в экспериментах с нейтринными детекторами, установленными в глубокой заброшенной золотоносной шахте Хоумстейк (Лид, штат Южная Дакота). Обнаружена четкая корреляция между количеством регистрируемых на Земле нейтрино и среднемесячным числом пятен на Солнце: поток частиц заметно уменьшается по мере роста пятнообразующей активности.

Другая группа во главе с Л. М. Крауссом (L. M. Krauss; Йельский университет, Нью-Хейвен, штат Коннектикут, США) обнаружила связь между количеством регистрируемых нейтрино и небольшими сдвигами в частотах отдельных видов колебаний солнечной материи. Ранее проведенные наблюдения показали, что, например, между 1977 и 1988 гг. частота, с которой колеблется поверхность Солнца, слегка возрастает по мере перехода от минимума к максимуму.

Статистический анализ данных станции Хоумстейк выполнили Дж. Баколл (J. N. Bahcall; Институт высших исследований, Принстон, штат Нью-Джерси, США) и У. Пресс (W. H. Press; Гарвард-Смитсоновский астрофизический центр, Кембридж, штат Массачусетс, США). Они также нашли эффекты, сходные с теми, о которых заявил Станев, однако считают, что четкая временна́я корреляция прослеживается лишь в последних двух третях массива данных.

Кроме того, по мнению Баколла и Пресса, число регистрируемых нейтрино может быть связано не с числом солнечных пятен, а с еще не известным эффектом, «спаренным» с циклами активности светила.

Все специалисты сходятся в том, что исходные материалы весьма скудны, поскольку регистрация нейтрино — крайне редкий факт, а временной ряд наблюдений еще недостаточен. Положение усугубляется крайне малым числом нейтринных обсерваторий и все еще неудовлетворительной чувствительностью имеющихся детекторов. Надежды возлагаются на нейтринную установку «Камиоканда» (Япония) и на совместный советско-американский эксперимент с галлиевыми детекторами.

Nature. 1990. V. 348. N 6300. P. 403, 407 (Великобритания).

Астрофизика

Солнечный ветер «не виноват»

В 1984 г. был проведен эксперимент по выбросу со спутника в космическое пространство ионов лития, с помощью которых надеялись «увидеть» магнитные силовые линии планеты. Однако обнаружить эти частицы не удалось. Специалисты объясняли это совпавшим по времени «порывом» солнечного ветра, нередко искажающего конфигу-

рацию магнитного поля Земли. Но в 1990 г. Т. А. Потемра (T. A. Potemra; Лаборатория прикладной физики при Университете им. Дж. Хопкинса, Лорел, штат Мэриленд, США), Г. Люр (H. Lühr; Институт геофизики и метеорологии в Брауншвейге, Германия) и В. Баумйоханн (W. Baumjohann; Институт им. М. Планка, Мюнхен, Германия) опровергли подобное объяснение.

Заново проанализировав полученную шесть лет назад информацию, они установили, что плотность солнечного ветра во время эксперимента была весьма стабильной, так что изменить строение магнитного поля планеты он не мог. Судя по всему, нарушение структуры магнитно-силовых линий Земли было вызвано самим вторжением ионов лития, образовавших достаточно плотное облако заряженных частиц.

Очевидно, это первый зарегистрированный случай, когда эксперимент, проведенный вне магнитосферы Земли, привел к существенным физическим изменениям внутри нее.

Science News. 1991. V. 139. N 3. P. 47 (США).

Астрономия

Второй гигантский телескоп

В то время, как на г. Мауна-Кеа (штат Гавайи, США) завершается строительство 10-метрового Кекского телескопа, принято решение в 85 м от него возвести второй столь же гигантский прибор.

Первый телескоп обладает самой большой светосилой в мире среди наземных инструментов такого рода. После завершения строительства «Кека-2» оба телескопа образуют систему с разрешающей способностью 85-метрового прибора, что создаст беспрецедентные возможности для оптической и инфракрасной интерферометрии. С их помощью астрономы смогут обнаружить крупные разогретые планеты, возможно, находящиеся на орбитах около сравнительно недалеких звезд.

Система будет принадлежать Калифорнийскому технологическому институту (Пасадена, США); она оплачивается, согласно завещанию астронома-любителя У. Кека (W. M. Keck), из фонда, носящего его имя. Недавно этот фонд выделил 74,6 млн. долл. на создание второго телескопа, общая стоимость которого составляет 93,3 млн. долл. Остальную сумму предоставляет НАСА.

New Scientist. 1991. V. 130. N 1768. P. 17 (Великобритания).

Планетология

Как обнаружить планету!

Планеты светятся лишь отраженным светом, поэтому обнаружить их вне Солнечной системы достаточно трудно — необходимо зарегистрировать едва уловимые нарушения в движениях звезд, которые могли бы быть вызваны тяготением не видимой с Земли планеты, обращающейся вокруг такой звезды.

Новый метод поиска планет предлагают Б. Пачиньский и Ш. Мао (B. Paczynski, S. Mao; Принстонский университет, штат Нью-Джерси, США). Планета может обнаружить себя, отклоняя свет какой-либо еще более удаленной звезды на его пути к земному наблюдателю. Это так называемый эффект гравитационной линзы. До сих пор известны два случая, когда единичная звезда мощным тяготением отклонила излучение более далекого объекта.

По мнению Мао и Пачиньского, эффект линзы возможен и в нашей Галактике, где звезды временами проходят «перед» ее более далекими звездами. Особое внимание следует уделить объектам, находящимся в галактическом «выступе» — сферическом скоплении звезд у ее центра, примерно в 25 тыс. св. лет от нас.

Когда звезда проходит между наблюдателем и звездой галактического «выступа», она, подобно линзе, фокусирует свет последней, так что видимая яркость той в течение одной — четырех недель постепенно меняется. Подобные события должны происходить несколько раз в год на каждый миллион звезд «выступа».

Если звезда, играющая роль «линзы», обладает планетой, та также внесет вклад в искривление излучения от удаленного объекта: возникают быстрые вариации яркости, налагающиеся на постепенное ее уменьшение. Длительность таких вариаций, по оценкам, составит от 2,5 до 10 ч.

Чтобы столь быстрые колебания имели место, звезда-«линза» должна почти «затмить» звезду галактического «выступа», что, как подсчитали авторы, случается в 5—10 % всех подобных случаев. Поэтому для обнаружения такого события астрономам следует в течение года отследить несколько миллионов звезд.

Существует и другая трудность: быстрые вариации яркости могут быть вызваны не только планетой, но и тем, что «линзой» окажется двойная звезда. А ведь большинство звезд Галактики относится именно к этой категории.

Однако, по мнению Мао и Пачиньского, подобные случаи можно различать, так как вариации яркости, вызванные двойной звездой, должны происходить медленнее, чем порождаемые планетой; обычно это 0,4 — 1,7 сут. Кроме того, поскольку масса планеты меньше, ее вклад в фокусирование луча значительно слабее.

New Scientist. 1991. V. 130. N 1769. P. 22 (Великобритания).

Планетология

«Хаббл» смотрит на Марс

Несмотря на некоторые неполадки, оптический телескоп «Хаббл» с декабря 1990 по апрель 1991 г. сделал беспрецедентно детальные снимки поверхности Марса.

Если лучшие изображения Марса, полученные с помощью наземных приборов, позволяют различить детали поперечником не менее 150 км, то разрешающая способность «Хаббла» достигает примерно 50 км. На снимках хорошо. просмат-

ривается марсианская равнина Сиртис Майор Планития.

Специалист по обработке космических снимков С. Ли (S. Lee; Университет штата Колорадо, Боулдер, США) считает, что темную окраску этой области придает крупнозернистый (около 100 мкм) песок. Более светлые регионы Марса, очевидно, покрыты пылевыми частицами диаметром не более 1 мкм.

На одной из фотографий заметна светло-синяя полоса. Видимо, это шапка изморози, простирающаяся не менее чем на 10 км над поверхностью Северного полюса планеты.

Установки с ультрафиолетовыми фильтрами на борту «Хаббла» позволили построить первую карту распределения озона в марсианской атмосфере.

В Университете штата Огайо (Толидо, США) группа во главе с Ф. Джеймсом (Ph. James) с помощью приборов «Хаббла» ведет долгосрочные наблюдения за изменениями в атмосфере Марса и на его поверхности, в частности за происходящими там время от времени пылевыми бурями.

Science News. 1991. V. 139. N 14. P. 212 (США).

Метеоритика

Земля — окольцованная планета?

К. Расмуссен (K. Rasmussen; Национальный музей в Копенгагене, Дания) собрал и статистически проанализировал данные о падении на Землю метеоритов и метеорных «ливнях», отмеченных между 800 г. до н. э. и 1750 г. н. э. (Более поздний период в рассмотрение не включен, так как огромное возрастание подобных сообщений связано не с ростом числа событий, а с совершенствованием техники наблюдений и увеличением числа наблюдателей.)

Установлено, что в отдельные периоды метеорная активность резко повышалась, причем кривая этой активности имеет U-образную форму. Максимум длится от нескольких месяцев до нескольких лет, после чего на одно-два десятилетия наступает сравнительное «затишье», которое, однако, выше фоновых «шумов». Затем образуется новый пик, после чего активность падает до уровня фона.

Исследователь объясняет все это тем, что Земля временами захватывает комету или астероид, которые, уже находясь на околоземной орбите, разламываются на части, что и создает первый пик метеорной активности.

Но разлом захваченного тела приводит к возникновению вокруг Земли временной системы колец, подобной существующим около Сатурна, Урана и Нептуна. Мелкие частицы кольца, выпадая в атмосферу, влияют на статистику. Трение в атмосфере приводит к «вырождению» их орбит, в результате они сгорают там, что проявляется во втором пике на кривой метеорной активности.

Как считает Расмуссен, за последние 2800 лет Земля была временно «окольцована» 16 раз. Не исключено, что и в последние 200 лет она приобретала подобное «украшение», но свидетельства этого пока невозможно извлечь из огромного массива разнородных данных.

Согласно кривой Расмуссена, наибольший пробел между U-образными циклами наблюдался с 1561 по 1665 г. Поэтому весьма вероятно, что у Земли скоро появится новое кольцо, которое станет доступным наблюдению с помощью современной техники.

Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society. 1991. V. 32. P. 26. (Великобритания).

Химия атмосферы

Откуда столько окиси азота?

До сих пор считалось, что сгорание биомассы при лесных пожарах, выжигании растительности, подсечно-огневом земледелии отвечает за 40—50 % ежегодного содержания окиси азота в атмосфере, способствуя усилению парникового эффекта и ускоряя разрушение озоносферы. Однако эксперименты У. Р. Кофера и Дж. С. Левайна (W. R. Cofer, J. S. Levine; Исследовательский центр им. Ленгли НАСА, Хемптон, штат Вирджиния, США) указывают на необходимость пересмотра представлений об этом вкладе.

Американо-канадская группа воспользовалась для наблюдений крупным пожаром, охватившим леса в районе оз. Морли-Лейк в провинции Онтарио (Канада). На борту вертолета был установлен газовый хроматограф, и велся сбор образцов воздуха для последующего анализа.

Выяснилось, что в образцах газообразных продуктов горения, заключенных в обычные баллоны, активно шли химические реакции, порождающие добавочное количество N_2O. Впервые они обнаруживались через 4—8 ч после взятия проб, а через 10—21 сут после этого достигали максимума (до 20 % общего содержания окиси азота).

Ранее газ, находящийся в баллонах, считался инертным. Поскольку доставка образцов от места взятия проб до лаборатории обычно занимает много часов или даже несколько суток, концентрация окиси азота в местах горения, судя по всему, переоценивалась.

По мнению представителей этой группы, сжигание биомассы в глобальных масштабах вряд ли более чем на 7 % увеличивает общую концентрацию окиси азота в атмосфере.

Как считает Левайн, бактерии, которые населяют почву и питаются аммониевыми веществами золы, образующейся при сжигании биомассы, могут в ходе своей жизнедеятельности выделять много окиси азота.

На другой потенциальный источник N_2O ранее указывали специалисты по химии атмосферы Ф. Шервурд Роуланд и М. Тименс (F. Sherwood Rowland, M. H. Thiemens; Университет штата Калифорния, Ирвфин, США); до 10 % общего ежегодного прироста вызваны производством нейлона.

Итак, необходимо по-новому взглянуть на структуру источников загрязнения атмосферы.

Nature. 1991. V. 349. N 6311. P. 689 (Великобритания).

Химия атмосферы

Озон разрушается и в средних широтах

Сотрудники Центра космических полетов им. Р. Годдарда НАСА США (Гринбелт, штат Мэриленд) установили, что в высоких слоях атмосферы средних широт значительно больше окиси хлора, чем полагали до сих пор. В декабре 1988 г.— феврале 1989 г. его содержание в полосе 40—60° с. ш. впятеро превышало многолетнюю норму.

Окись хлора — активный разрушитель озона. По мнению Д. Туи (D. Toohey; Гарвардский университет, Кембридж, штат Массачусетс, США), если бы концентрация окиси хлора удерживалась на подобном уровне несколько месяцев, содержание озона в атмосфере упало бы на несколько процентов.

Так как площадь указанной области намного превышает полярные регионы Земли, можно предположить, что в атмосфере планеты в целом содержится гораздо больше окиси хлора, чем считалось.

«Потеря» озона на низких широтах ранее уже наблюдалась, но главными районами «истощения» считали Арктику и Антарктику, полагая, что химические реакции, превращающие хлорид водорода (вещество, «дружественное» озону) в окись хлора (его разрушающее), идут внутри полярных стратосферных облаков, где температура падает ниже —78 °С. Основным источником хлора при этом служат хлорфторуглероды.

Обычно циркуляция воздуха в полярных атмосферных воронках должна удерживать газы около полюсов. Поэтому специалистам неясно, как окись хлора проникает в средние широты. Его молекулы отличаются большой реактивностью и способностью к трансформации, так что проследить за циркуляцией атмосферы с их помощью нельзя.

В Центре им. Р. Годдарда разработаны трехмерные математические модели атмосферы, способные приблизительно воспроизвести наблюдаемые процессы. Индикатором содержания окиси хлора в них служит хлористый водород. По сообщению руководительницы этой работы Э. Дуглас (A. Douglas), модели прогнозируют падение содержания хлористого водорода, согласующиеся с ростом уровня окиси хлора, который наблюдается в умеренной зоне планеты. Предсказывается также, что над Северной Америкой и Средней Азией концентрация хлористого водорода удержится на определенном уровне и, следовательно, содержание окиси хлора повысится. В результате в умеренных широтах концентрация озона видимо, также понизится.

Geophysical Research Letters. 1991. V. 18. P. 21, 25 (США).

Физика

Звук, обегающий Землю

В начале 1991 г. американские и австралийские ученые провели крупнейший в истории акустический эксперимент, в ходе которого звуковой сигнал подводного источника, расположенного на крайнем юге Индийского океана около о. Херд (56°10′ ю. ш., 74°10′ в. д.), регистрировался весьма удаленными приемными станциями.

Эксперимент увенчался успехом: звук, громкость которого приравнена к горну, предостерегающему моряков в условиях низкой видимости, был принят почти всеми 17 станциями, расположенными на берегах всех океанов, кроме Северного Ледовитого.

Наиболее удаленными были станции на западном и восточном побережьях Северной Америки, расстояние до них превышало 18 тыс. км. На пути к ним звук находился почти 3,5 ч.

Цель опыта не только теоретическая. Дело в том, что скорость распространения звука зависит от температуры среды. Поэтому, ведя длительные (в течение нескольких лет) наблюдения, специалисты надеются получить информацию о том, меняется ли температура глубинных слоев Мирового океана под воздействием парникового эффекта.

В 1993 г. начнется создание сети из нескольких источников звука. К ней предполагается постепенно подключать новые генераторы акустических колебаний, чтобы получить глобальную картину динамики температуры во всех морях, которые по-разному могут реагировать на климатические изменения.

Координатор проекта — Р. Спиндел (R. Spindel; Университет штата Вашингтон, Сиэтл, США).

Science News. 1991. V. 139. N 14. P. 222 (США).

Физика

Продолжаются работы по проекту ДЮМАНД

Группа физиков Висконсинского университета, занятых в международном проекте ДЮМАНД, размещает на дне океана на глубине 4950 м в 25 милях от м. Кихоул-Пойнт на Гавайских о-вах высокочувствительную аппаратуру для регистрации нейтрино.

Детекторы представляют собой фотоэлементы исключительно высокой чувствительности. Они срабатывают при взаимодействии нейтрино высоких энергий с водой. При этом возникают мюоны, время жизни которых измеряется миллионными долями секунды.

Подводная нейтринная лаборатория состоит из девяти параллельных балок (каждая длиной 90 м) с вмонтированными в них фотоэлементами. Монтаж трех из них завершится к концу 1992 г., а весь комплекс стоимостью в 10 млн. долл. будет закончен к 1994 г. Спуск аппаратуры на дно предполагается осуществить с борта специально построенного судна, работы под водой проведут дистанционно управляемые подводные аппараты. Для передачи собираемой информации планируется проложить от станции до берегового компьютера оптико-волоконный кабель длиной 25 миль. Специалисты надеются, реконструировав треки нейтрино, установить их источники в Галактике.

Earth Science. 1990. V. 43. N. 3. P. 6—7. (США).

Физика

Планета «на липучках»!

В космосе есть частицы изморози, возникшие при столкновении снежно-ледяных тел больших размеров и не успевшие слиться в более крупные образования. Физические подробности процесса слипания ясны не до конца. Решить эту проблему в лабораторных условиях попытались А. Хатцес (A. P. Hatzes; Университет штата Техас, Остин, США), Ф. Бриджес, Д. Н. Лин и С. Сахтьен (F. Bridges, D. N. Lin, S. Sachtjen; Университет штата Калифония, Санта-Крус, США).

Они помещали 2,5-сантиметровые снежки на маятники, качавшиеся с различными скоростями и ударявшиеся о кусок льда величиной с кирпич. Как оказалось, слипание частиц при соударении приводит к росту снежков. Но, когда поверхности снежка и льда свободны от изморози, объекты редко сливаются.

На оба тела направляли потоки насыщенного водой азота, что приводило в холодильной камере к образованию на их поверхностях слоя изморози. Но и при этом слипания не возникало, если скорость соударения была менее 0,002 см/с или, наоборот, превышала 0,1 см/с. Если же она находилась в этих пределах, тела почти неизбежно прочно соединялись.

По мнению исследователей, изморозь играет ту же роль, что и «липучки» на бытовых предметах (обуви, одежде): мельчайшие волокна этого покрытия, накладываясь друг на друга, образуют довольно прочную застежку. Примерно так же ведет себя неровная поверхность, которую придают небесным телам частицы изморози.

Наиболее подходящим космическим «полигоном» для такого процесса, по мнению Хатцеса и его коллег, являются покрытые льдом частицы колец Сатурна. Не исключено, что это сыграло важную роль в образовании всей Солнечной системы. Ядра гигантских планет могли первоначально представлять собою либо ледяные, либо пылевые частицы, постепенно захватившие («прилепившие») огромную массу вещества. Каменистые породы, покрытые слоем изморози, могли сравнительно легко слипаться с подобными ядрами конденсации.

Разумеется, важную роль играли и силы тяготения. Однако массы первоначальных частиц были слишком малы, чтобы «стягивать» их гравитацией. Поэтому гипотеза образования планет «на липучках» представляет значительный интерес.

Science News. 1991. V. 139. N 3. P. 47 (США).

Химия

Очистка промышленных газов от окислов азота

Наряду с окислами серы окислы азота — наиболее опасные примеси в выбросах промышленных установок, теплоэнергоцентралей, транспорта; с ними связано также появление кислых дождей. Годичный выброс окислов азота, по оценкам, превышает 20 млн. т. Известные методы их устранения страдают рядом недостатков, в числе которых большой расход воды. Более технологично поглощение этих окислов твердой содой, однако в процессе реакции ее частицы покрываются газонепроницаемой пленкой из нитратов и нитритов натрия, в результате скорость процесса замедляется, а твердая сода используется всего на 50 %.

Группа В. И. Атрощенко (Харьковский политехнический институт) предложила эффективный метод улавливания окислов азота. Согласно теории газовой коррозии металлов, процесс тормозится, если объем продуктов реакции больше объема исходного металла; поэтому они предположили, что в топохимических реакциях (протекающих с участием твердых реагентов) пленки продуктов будут устойчивы при том же условии. В противном случае процесс не тормозится и реагирующие газы беспрепятственно проникают в гранулы твердого реагента.

Проведенный расчет показал, что, в отличие от соды, бикарбонат натрия не должен давать прочной пленки, «тормозя» реакцию:

$$NaHCO_3 + \xrightarrow{NO_2+N_2O_3} NaNO_2 + NaNO_3 + H_2O + CO_2.$$

Эта реакция термодинамически выгодна при 25—300 °С. Эксперимент подтвердил результаты расчетов. Установлено также, что вода (поступающая с газами или образующаяся в ходе реакции) ускоряет процесс. Скорость реакции поэтому сложно зависит от времени, однако после начального этапа индукции и самоускорения она однозначно определяется концентрацией окислов азота в степени 1/2.

При очистке газов с содержанием окислов азота ниже 0,5 % при комнатной температуре достигнуто практически полное их поглощение (ниже предельно допустимой концентрации 0,085 мг/м^3). Поглощение происходит в таком режиме до превращения 10—12 % исходного гидрокарбоната натрия. Для его полной утилизации целесообразно подавать частично использованный на стадии очистки разбавленных газов гидрокарбонат в зону предварительной очистки, где содержание окислов азота выше (до 10 %), а полученный нитрат натрия применять в промышленности.

Доклады АН СССР. 1990. Т. 312. № 1. С. 135—139.

Химия

Электрохимическое выделение брома из морской воды

Обычно бром получают из морской воды, выделяя его из растворенных там бромидов с помощью газообразного хлора в кислой среде с последующей отдувкой паров брома и их конденсацией. Однако этот способ технологически сложен, требует большого расхода химикатов и экологически не безвреден.

Е. Г. Абрамов (Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР) предложил электрохимический способ извлечения брома, не требующий химических реагентов, тем самым экологически чистый и более экономичный. Разработаны специальные угольные электроды, обладаю-

щие одновременно свойствами поглотителей. Материалом служит уголь СКН — продукт пиролиза синтетических полимеров, обладающий высокой механической прочностью, большой (свыше 500 $м^2/г$) удельной поверхностью, что обеспечивает эффективную адсорбцию выделяющегося брома, а также неплохой электропроводностью. Тем не менее, так как электроды не сплошные, а насыпные, с ростом их толщины сопротивление возрастает и использование электродов толщиной более 1 см нецелесообразно.

Процесс необходимо проводить при более высоких потенциалах — до 1,4 В, обеспечивающих разложение воды до кислорода

$$2H_2O - 4e = O_2 + 4H^+$$

и тем самым сохранение повышенной кислотности среды. В таких условиях из морской воды извлекается 70—80 % брома.

Жидкий бром гидрофобен, поэтому при загрязнении воды поверхностно-активными веществами понижается эффективность адсорбции брома и ухудшаются показатели самого электрохимического процесса из-за роста сопротивления электродов. В этом случае автор предлагает вводить в них гидрофобные добавки или добавлять металлы платиновой группы.

Способ опробован на опытной установке.

Доклады АН СССР. 1990. Т. 313. № 3. С. 653—656.

Медицина

Использование токсина ботулизма в медицине

Токсин ботулизма — один из самых ядовитых природных токсинов. Однако в малых дозах он способен помогать при заболеваниях, связанных с нарушением двигательной функции.

В организм человека токсин попадает с недоброкачественной пищей. Дойдя до мест соединения двигательных нервных волокон со скелетными мышцами, он блокирует выделение медиатора ацетилхолина, что приводит к мышечной слабости, а иногда и к параличам.

Десять лет назад американский офтальмолог А. Скотт (A. Scott; Институт глазных болезней в Сан-Франциско) выдвинул идею: токсин ботулизма, вызывающий паралич мышц, можно использовать в случаях, когда больные страдают от повышенной мышечной активности, в частности, при стробизме или при несовпадении глазных осей.

Группа исследователей из Национального института здоровья в Бетезде (штат Мэриленд, США) предложила применять токсин ботулизма более широко — при лечении всех заболеваний, известных как дистонии. К ним относятся, например, непроизвольные сокращения мышц, заставляющие иногда больных принимать ненормальные позы, спазмы мышц шеи, нижней челюсти, конечностей, голосовых связок, заикание и т. п.

Недавно управление по применению пищевых продуктов и лекарств разрешило использовать инъекции токсина ботулизма при лечении стробизма, блефароспазма (насильственное сжатие век), гемифациальных спазмов (спазмов мышц одной стороны лица).

Токсин ботулизма состоит из двух частей: «бинарного» токсина и нейротоксина, связанных белком, служащим стабилизатором этих молекул. Нейротоксин ботулизма образован двумя цепями полипептидов. Установлено, что одна цепь связывается с мембраной клеток скелетных мышц, после чего вторая блокирует на поверхности клетки ацетилхолиновый рецептор. Если цепи разъединить, токсичность каждой исчезает, что может оказаться важным при будущих манипуляциях с нейротоксином.

Исследования нейротоксина в клинике показали, что при правильных дозировках он безопасен и эффективен, в особенности при лечении локальных дистоний, когда поражена всего одна или несколько мышц. Применение токсина оказалось действеннее других лекарств — антихолинергетиков и прочих ингибиторов медиаторов. Побочные эффекты, иногда наблюдавшиеся у больных (например, затруднение глотания), быстро проходили, и, по мнению врачей, их можно избежать, предварительно измеряя активность соответствующих мышц. Нет сообщений о том, что применение токсина в клинике приводило к симптомам ботулизма или подавлению иммунной системы.

New Scientist. 1990. V. 129. N 1746. P. 24 (Великобритания).

Биология

Неизвестные крокодилы

Считается, что значительная часть видов мировой фауны остается неизвестной науке. Но это относится главным образом к беспозвоночным. Вместе с тем за последние десятилетия сделан ряд сенсационных открытий новых видов крупных позвоночных животных. Могли ли остаться «незамеченными» крупные обитатели Земли? Недавние сообщения позволяют положительно ответить на этот вопрос. Речь идет о крокодилах.

Современная наука признает чуть более 20 видов этих крупных пресмыкающихся. Лишь немногие из них пребывают в относительно благополучном состоянии, большинство же — редкие и находящиеся под угрозой исчезновения. Крокодилы находятся под защитой национальных законов и международных соглашений, специально охраняются во многих заповедниках и всесторонне исследуются учеными. Казалось бы, уж виды этих хищных гигантов известны все до одного. Оказывается — нет!

В 1988 г. немецкий специалист К.-Х. Фухс проверял импортированные кожевенной фирмой шкуры рептилий и обнаружил части шкур неизвестных ему крокодилов. Выяснилось, что пять из них вместе со шкурами известных видов кайманов закуплены в Колумбии в 1972—1973 гг. (когда не было запрета на международную торговлю крокодиловыми шкурами). Сравнив упомянутые части со шкурами других видов, Фухс с коллегами заключили, что эти части принадлежат неизвестному науке виду кайманов из колумбийского департамента Магда-

лена[1]. Очевидно, 15 лет назад вид был очень редок. Не исключено, что он уже исчез с лица Земли. Интересно, что о существовании неизвестного крокодила длиной 2,4—2,7 м в оз. Сьенага-Гранде в Магдалене сообщалось и ранее.

А вот другой пример. Ч. Росс из Смитсоновского института в Вашингтоне исследовал шкуры и черепа 481 музейного экземпляра крокодилов из различных мест обитания в Тихоокеанском и Индоокеанском регионах. Оказывается, систематика рода Crocodylus изучена очень слабо: многие музейные экземпляры, определенные как C. porosus (самый распространенный представитель рода), в действительности относятся к узкоареальным, редким и малоизвестным видам. Среди неверно определенных экземпляров Росс обратил внимание на трех представителей с о. Борнео. Тщательная проверка показала, что они принадлежат к виду, отсутствующему в современных фаунистических сводках[2]. Но новым его не назовешь: он был описан в 1844 г., и его узнаваемые «портреты» сохранились. К сожалению, исследователи, сталкивавшиеся с этим крокодилом в природе, не обращали внимания на его своеобразие и считали представителем известных видов, обитающих на других островах. Теперь же мы знаем, что Борнео имеет свой вид крокодилов — C. raninus.

Д. В. Семенов,
кандидат биологических наук
Москва

Биология

Половой диморфизм и каннибализм у пауков

Взаимоотношения между полами развиваются у пауков подчас весьма бурно: самка просто съедает самца после спаривания, а иногда даже и до того. Вместе с тем существует много способов предотвратить подобное явление. Так, самцы пауков-тетрагнат имеют специальные выросты на хелицерах (первой паре головных конечностей), фиксирующие хелицеры самки, что не дает ей кусать. Самцы могут приносить самкам съедобные «подарки», отвлекая их внимание, или же спариваться с перелинявшими самками, не способными к агрессии. Наконец, самцы бывают такого мелкого размера (пауки-нефилы), что самка просто не воспринимает их как достойную внимания добычу.

Сотрудники Университета Нового Южного Уэльса (Австралия) М. Элгар, Н. Гаффар и А. Рид задались целью — понять взаимосвязь полового диморфизма (по общему размеру тела и длине ног), полового каннибализма и ухаживания[1]. Они проанализировали (главным образом по литературным данным) 249 видов из 36 родов пауков-кругопрядов и показали, что в подсемействе Araneinae семейства Araneidae степень проявления размерного полового диморфизма обратно пропорциональна длине ног самца, но не самки. В предыдущих исследованиях было установлено, что длинные ноги позволяют самцу, находясь на безопасном расстоянии, предотвращать нападение, а кроме того, ударять самку, которая повисает на паутине — такая позиция необходима и для спаривания[2].

Таким образом, в подсемействе Araneinae налицо результат отбора, ведущегося при половом каннибализме со стороны самок. Самца могут спасти либо длинные ноги, либо малый рост. К сожалению, остаются неясными морфологические механизмы этого явления, которые можно выявить лишь в результате длительных экспериментов.

К. Г. Михайлов
Москва

Биология

Муравей в лабиринте

Исследуя пространственную память и поведение муравьев, А. Я. Карась, Б. А. Дашевский (Московский государственный университет) и Г. А. Удалова (Ленинградский государственный университет) приучали их ориентироваться в лабиринте[1]. Эта продуктивная методика широко применяется в исследованиях на позвоночных, а работ с безпозвоночными неоправданно мало.

Семью Myrmica rubra поселяли в лаборатории. Из гнезда сооружали выход на арену, а над ней на стойках — лабиринт из бумажных мостиков. Вход в лабиринт — только по центральному мостику, который убирают за прошедшим насекомым, а выход — по любому из двух боковых. После каждого посещения мостики меняли, поэтому муравьи не могли ориентироваться по собственному пахучему следу, как это часто делают представители подсемейства мирмицин. Таким образом, муравьи могли полагаться только на память о последовательности поворотов и использовать дополнительные внешние ориентиры (например, свет от окна). Приманку располагали в симметричных точках лабиринта (целевые площадки А и Г); «ложные» (Б и В) были пусты.

Когда муравьи получали в лабиринте сахарный сироп (пять серий опытов с 80 особями), их действия были многовариантны и не отличались оптимальностью ни по числу движений, ни по времени, проведенному в лабиринте: многократно возвращаясь в лабиринт, один и тот же муравей выбирал все время разные пути, так и не найдя кратчайший. Примерно в четверти случаев, получив достаточно корма на одной площадке, муравей зачем-то обследовал и вторую. Когда же вместо корма муравьи находили на целевых площадках куколок или личинок своего вида, которых они инстинктивно перета-

[1] Fuchs K.-H // Senckenbergiana Biologica. 1991. Bd. 71. N 1—3. S. 1—10.

[2] Ross Ch. A. // Proc. Biol. Soc. Wash. 1990. V. 103. N 4. P. 955—961.

[1] Elgar M. A., Ghaffar N., Read A. F. // J. of Zool. 1990. V. 222. P. 455—470.

[2] Animal Behaviour. 1988. V. 36. P. 1511—1516.

[1] Подробнее см.: Исследование памяти. М., 1990. С. 119—136.

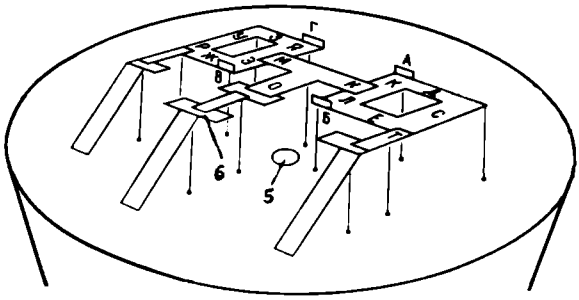


Схема лабиринта, применявшегося в экспериментах А, Г — целевые площадки с приманкой, В, Б — «ложные» площадки.

скивали из лабиринта в гнездо (семь серий опытов на 140 особях), то уже после первых трех-восьми возвращений все особи переставали подходить к ложным площадкам, а вскоре находили и кратчайшие маршруты «гнездо — цель — гнездо» и стабильно пользовались ими. Посещения второй целевой площадки после первой были крайне редки. Понятно, что при спасении расплода присущая муравьям «исследовательская активность» становится неуместной. Зато в этой ситуации четко выражено обучение.

Интересно, что стратегия поведения муравьев зависела не только от типа, но и от силы внутренней мотивации поведения. Так, когда семью в эксперименте искусственно держали на голодном пайке, поведение фуражиров становилось похожим на поведение переносчиков расплода (исследованы 50 особей).

В пределах одной семьи у муравьев наблюдались индивидуальные различия. Когда муравьи оптимизировали маршрут, большинство особей (72 %) делало это постепенно, хотя и достаточно быстро обучаясь — за 8—11 посещений лабиринта; некоторые же особи (12 %) сразу, при первом или втором посещении лабиринта, выбирали оптимальный маршрут; оставшиеся 16 % при первом заходе в лабиринт контактировали с личинкой или кормом, но не брали их, а на второй-третий раз пользовались оптимальным маршрутом. У них, следовательно, при первом обследовании лабиринта происходило скрытое обучение.

Привыкнув к маршруту, муравей долго помнит его (не менее 12 ч) и очень неохотно меняет. Например, когда обученным муравьям меняли местами целевые и «ложные» площадки, лишь 15 особей из 24 переучились ходить к новой цели по кратчайшему пути, да и то не менее чем за 20—30 посещений. Дезориентировали муравьев и повороты лабиринта на 90, 180 и 270° относительно исходного положения, причем у представителей семьи, обитавшей на лугу, этот эффект был выражен сильнее, чем у обитателей леса.

В. М. Карцев,
кандидат биологических наук
Москва

Биология

Рачки изменяют морфологию головастиков

Давно известно, что личинки мелкой североамериканской лягушки-лопатонога (Scaphiopus multiplicatus) представлены двумя формами, одна из которых встречается чаще, питается преимущественно растениями и детритом, а другая, более редкая, обладает сильными челюстями, быстро растет и, достигая более крупных размеров, часто поедает сородичей.

Зоолог Д. Пфениг (D. Pfenhig; отдел зоологии Техасского университета, Остин, США), изучая экологию головастиков лопатонога, обнаружил, что частота встречаемости в водоеме хищной формы соответствует скорости пересыхания водоема и плотности в нем мелких рачков Streptocephalus texanus и Thanmocephalus platyurus (Anostraca), которыми эта форма в основном питается.

Как показали опыты, степень развития у личинок хищной морфологии связана с плотностью рачков в водоеме. Причем формируется она благодаря поеданию головастиками этих рачков, а не просто из-за их наличия в среде: если головастик поедает некое критическое количество этой пищи, у него формируется хищная морфология, если нет — обычная. Скорость пересыхания водоема значения не имеет: просто эти рачки предпочитают быстро пересыхающие водоемы.

Таким образом, глубокие изменения в морфологии развивающихся головастиков непосредственно зависят от их питания определенным видом добычи.

Oecologia. 1990. V. 85. № 1. P. 101—107 (Германия).

Зоология

Цветовой полиморфизм и защита лягушки от хищников

У многих групп животных, в том числе земноводных, известен цветовой полиморфизм — явление, при котором особи одного вида имеют разную окраску. Адаптивное значение этого явления еще мало изучено.

Американский герпетолог С. Мори (S. R. Morey; Университет штата Калифорния) получил интересные данные о значении цветового полиморфизма для квакши (Pseudacris regilla), обитающей в Калифорнии. Эта квакша обычно представлена двумя формами: с зеленой и с коричневой окраской спины. Как показали эксперименты, обе формы выбирают субстраты, по окраске напоминающие цвет их спины. При появлении естественного врага — подвязочной змеи (Thamnophis elegans) — защитное поведение проявляется сильнее. Однако такая маскировка дает квакшам преимущество, лишь если они замирают

неподвижно на субстрате того же цвета (особей, сидящих на маскирующем субстрате, змея поедает достоверно реже). Если же квакша активна, то риск быть съеденной для нее одинаков, независимо от цвета субстрата.

Предполагается, что генетически обусловленный полиморфизм окраски дает виду преимущества в защите от хищников, позволяя маскироваться под разные субстраты, путем их выбора в природе. Для таких видов зрительно ориентирующиеся хищники могут быть фактором естественного отбора разных цветовых вариантов.

Journal of Herpetology. 1990. V. 24. N 3. P. 292—296 (США).

Зоология

Как паук сосет свою жертву

Как известно, пауки способны к внекишечному пищеварению (они вводят в добычу свои пищеварительные соки). Но до сих пор оставались неизвестными детали этого процесса.

С. Поллард (S. D. Pollard; Университет в Кентербери, Новая Зеландия) наблюдал в лаборатории пауков-бокоходов рода Diaea, не строящих ловчих сетей. Как только паук хватает жертву, он тут же вводит яд, дозируя его в зависимости от размеров добычи. Питание обязательно начинается с головы жертвы, при этом ее наружный скелет остается нетронутым. Диэа вводит пищеварительные соки, а затем с помощью глоточной мускулатуры и особого сосательного желудка начинает всасывать образовавшуюся смесь. Процесс питания состоит из двух фаз — сосания и расслабления. Первая приводит к снижению воздушного давления внутри скелета жертвы; при расслаблении происходит обратное движение пищевой смеси в добычу. Соотношение длительности фаз таково, что количество движущейся смеси все время возрастает и охватываются все более отдаленные участки внутренностей жертвы. Но в конце концов пауку все же приходится перемещать место сосания с головы добычи на ее брюшко: количество смеси становится слишком большим, чтобы можно было управлять ее потоком. Около 70 % содержимого жертвы поглощается через голову, остальное — через брюшко.

Как это часто случается в подобного рода исследованиях, пока остались неизвестны механизмы возникновения столь сложной цепи действий.

Oecologia. 1989. V. 81. P. 392—396 (ФРГ); Journal of Zoology. 1990. V. 222. P. 601—615 (Великобритания).

Зоология

Личинки стрекоз охотятся «вслепую»

Известно, что личинки стрекоз — одни из основных естественных врагов головастиков бесхвостных земноводных. До сих пор предполагали, что при охоте эти личинки в основном используют зрение, чему способствует наличие у них очень больших глаз.

Австралийские ученые С. Ричардс и К. Балл (S. J. Richards, C. M. Bull; Университет Дж. Кука, Квинсленд, Австралия) обнаружили, что для личинок стрекозы Hemicordulia tau зрение не является необходимым условием успешной охоты. Оказалось, что они прекрасно могут ловить личинок гладкой шпорцевой лягушки (Xenopus laevis), даже будучи ослеплены. Вероятно, основными стимулами для атаки являются тактильные контакты головастиков с антеннами и конечностями личинок стрекозы.

Разные виды головастиков в разной степени подвержены хищничеству стрекоз. Плавание в одиночку повышает вероятность поедания его личинкой стрекозы. Поэтому авторы предполагают, что образование головастиками скоплений имеет защитное значение. Кроме того, некоторые виды головастиков более активны, некоторые усиливают двигательную активность в ответ на прикосновения. Полагают, что именно эти виды подвержены повышенному риску стать жертвами хищных личинок стрекоз.

Journal of Herpetology. 1990. V. 24. N 3. P. 311—313 (США).

Этология

Онтогенез поведения рабочих муравья-бульдога

Многотысячное семейство муравьев представлено только общественными видами. Относительно высших муравьев есть интересные данные о поведении рабочих: обнаружен критический период в первые дни жизни взрослой особи, когда у нее могут формироваться различные типы социального поведения — распознавание коконов собратьев по гнезду, агрессия, движение антеннами при трофоллаксисе (передаче жидкой пищи). Формирование социального поведения у муравьев-бульдогов (подсемейство Ponerinae), относящихся к наиболее примитивным муравьям, впервые изучали А. Шампелберт (A. Champelbert; Парижский университет, Франция) и Дж.-П. Лачауд (J.-P. Lachaud; Лаборатория этологии в Чикасе, Мексика). Эксперименты проводились с неотропическим видом Ectatomma tuberculatum. Подопытные семьи поселяли в лаборатории и (в отличие от большинства прежних работ) наблюдали за каждым муравьем индивидуально с рождения. Сравнивали поведение муравьев, живущих в семье, и муравьев, изолированных из нее на 10 дней (на это время их сажали поодиночке в стеклянные трубочки, снабжая кормом и водой).

В первой серии экспериментов муравьев изолировали сразу после выхода из коконов. Оказалось, что, возвратившись в семью, они вели себя как и контрольные особи, хотя все типы поведения появлялись у них с опозданием. Возвращение в семью было подобно второму рождению: будучи 11 дней от роду, они вели себя как только что вылупившиеся.

Наиболее сильные отклонения наблюдались в экспериментальной группе муравьев, изолированных на второй день жизни: у них нарушались последовательность появления раз-

личных типов поведения и их интенсивность. Этот эффект не исчезал даже при сокращении срока изоляции вдвое.

Муравьи третьей группы, имевшие до изоляции 4-дневный опыт жизни в обществе, сохранили все приобретенные способности: вернувшись в семью на 15-й день жизни, они демонстрировали все типы активности, характерные для контрольных муравьев. Правда, контрольные рабочие в возрасте 15 дней уже специализировались по уходу за коконами и личинками и переходили к уходу за яйцами, а в экспериментальной группе этот переход запаздывал на 2—3 дня.

Изоляция в возрасте 8 дней также не вызывала кардинальных нарушений в поведении: 19-дневные экспериментальные муравьи, как и контрольные в этом возрасте, демонстрировали высокий уровень заботы о потомстве, но, кроме того, отличались склонностью к социальным взаимодействиям и пищевой активностью, характерными для более юных муравьев.

Итак, в жизни муравья-бульдога можно выделить критический начальный период длительностью около 4 дней, когда за счет социальных контактов молодой муравей приобретает способность ухаживать за потомством.

Animal Behaviour. 1990. V. 39. N 5. P. 850 (Великобритания).

Экология

Африканская пчела вторглась в США

В октябре 1990 г. дикую африканскую пчелу (Apis mellifera scutellata) впервые обнаружили на территории США, в южной части штата Техас. Это произошло при очередном ежемесячном осмотре сотен ловушек для пчел, установленных министерством сельского хозяйства США вдоль границы с Мексикой и снабженных специальными феромонами.

Как известно, на Американском континенте африканская пчела начала распространяться после того, как в 1956 г. на свободу вырвались особи, завезенные в Бразилию в надежде на повышение продуктивности американских пчел, потомков европейских[1]. Однако одичавшие «африканки» оказались настолько агрессивными, что их хозяйственное использование невозможно. Их жертвами в Южной Америке стало немало людей и домашних животных. Ареал африканской пчелы медленно, но неуклонно распространялся на север, пока не достиг США.

Энтомолог А. Коллинз (A. Collins; Лаборатория пчеловодства министерства сельского хозяйства США в Уэслако, штат Техас), изучившая этих пчел, уже достигших полной зрелости, пришла к выводу, что данный рой использовал ловушку в качестве улья в течение по крайней мере двух с половиной недель. Колония массой около 1,5 кг насчитывала примерно 5 тыс. особей.

Энтомологи занимаются сейчас проблемой скрещивания между африканской пчелой и американо-европейской ее родственницей в надежде отыскать возможность создания такой разновидности, которая, подобно африканской, давала бы больше меда, но по агрессивности не превосходила бы местную породу.

Science News. 1990. V. 138. N 17. P. 261 (США).

Ботаника

Для чего растениям цианиды?

Цианистые соединения обнаружены в составе более 2000 видов цветковых растений из 110 семейств. Особенно много среди них двудольных — бобовых, сложноцветных, молочайных и др.; среди однодольных такие растения встречаются гораздо реже; найдены цианиды и у 50 папоротников. Обычно соединения с группой CHN считаются либо промежуточными продуктами метаболизма азотистых соединений, либо отходами цикла азота, накапливающимися в клетке.

П. Кейкс (P. Kakes; отдел экологии и экотоксикологии Свободного университета в Амстердаме, Нидерланды) полагает, что эти вещества играют важную роль в защите растений от травоядных насекомых и более крупных животных. Концентрация цианидов определяется генетически и стимулируется фенотипически: в жаркую погоду их накапливается больше, чем в прохладную. В разных популяциях одного вида соотношения растений с разной концентрацией цианидов различны. Отбор действует в направлении роста в популяции числа растений, защищенных от поедания.

Это доказано в экспериментах с мухой Epilachna varivestis — семенным паразитом фасоли (Phaseolus lunatus). Растения с более высоким содержанием цианоглюкозида линамарина повреждались в меньшей степени. В лабораторных условиях выявлено аналогичное селективное выедание менее ядовитых растений лядвенца рогатого полевкой (Microtus agrestis). Слизни и улитки, когда им предлагали есть морковь и клевер ползучий, предпочитали морковь лишь в том случае, если растения клевера были богаты цианистыми соединениями.

Однако накопление цианидов — «дорогое удовольствие», и растения, лучше защищенные от насекомых, оказываются менее продуктивными. В этом проявляется общий закон жизни: нельзя достичь совершенства сразу во всех отношениях. Таким образом, устойчивость связана с продуктивностью обратной зависимостью.

Среди видов, накапливающих цианиды, есть и культурные растения — маниок, сорго, фасоль. В этом случае селекционеры, стремящиеся сделать растения более продуктивными, должны снизить содержание токсичной «приправы». Однако опасно «перегнуть палку» и вовсе лишить растения эффективной защиты от насекомых.

Euphytica. 1990. V. 48. P. 25—43 (Нидерланды).

[1] Подробнее см.: Африканская пчела завоевывает Америку // Природа. 1989. № 10. С. 113—114.

Охрана природы

Инфузория туфелька — на природоохранной службе

Успешно прошла государственную аттестацию новая разработка ленинградских ученых из фирмы «Квант»: «Биотестер-2» — прибор для экспресс-анализа уровня токсичности водных сред признан стандартизованным измерительным средством[1].

Работа прибора построена на хемотаксисе представителя одного из самых распространенных семейств простейших — инфузории туфельки (Paramecium caudatum). Парамеция быстро реагирует на неблагоприятную среду и перемещается в безопасную зону. Именно эти перемещения и фиксирует «Биотестер-2». Такая реакция туфельки моделирует возможную реакцию высших организмов на токсичные примеси.

Биотестирование не заменяет традиционные методы химического анализа. Однако «достижения» современной химии таковы, что порой трудно предугадать, какие именно примеси надо «вылавливать» в пробе, какая из сотен нормируемых сегодня ПДК превышена. Неизвестно также, что именно может дать конкретное сочетание различных веществ, а возможных сочетаний — десятки тысяч. Парамеция же, «не разбираясь подробно», что именно попало в пробу — пестициды или ртуть — подает сигнал тревоги: «Токсично!» После этого можно приступать к тонкостям традиционного анализа.

Таким образом, экспресс-биотестирование — это возможность прогнозировать ситуацию. Кроме того, данные выводятся на экран в цифровом виде, а быстрота экспресс-анализа (10—15 проб в час) позволяет в короткие сроки получить статистически достоверные данные.

Прибор предназначен для оснащения лабораторий; вести измерения может один человек с квалификацией лаборанта. Начат серийный выпуск «Биотестера-2» в стационарном и портативном варианте (который умещается в «дипломате»).

С «Биотестером-2» врач СЭС, специалист-эколог, инспектор природоохранной службы смогут постоянно и без лишних затрат времени вести мониторинг токсичности водной среды.

Д. Ю. Синечкин
Ленинград

[1] Рекламу разработок фирмы «Квант» см.: Природа. 1990. № 11; 1991. № 10.

Охрана природы

Вид спасут «искусственные» тигры!

27 апреля 1990 г. в зоопарке им. Г. Дурли (Омаха, штат Небраска, США) бенгальская тигрица Николь в 9,5 лет родила трех детенышей. Событие незаурядное — ведь тигрята были «искусственными». Тигрице ввели гормоны, способствующие образованию яйцеклеток. Затем часть их изъяли и поместили в чашку Петри для искусственного осеменения. Зародыши ввели в репродуктивные органы Николь, она их благополучно выносила и произвела на свет с помощью кесарева сечения. Правда, один из новорожденных умер почти сразу от болезни дыхательных путей, а другой — через несколько недель от почечной недостаточности. Зато третий тигренок — самочка Мэри-Элис — благополучно выжил. Причины смерти двоих с техникой операции, очевидно, не связаны.

Это первый случай «производства» тигров путем искусственного оплодотворения и пересадки зародыша. Такой способ может быть применен для спасения любого из пяти их подвидов, находящихся ныне под угрозой исчезновения.

Согласно некоторым сведениям, на Земле в естественной среде обитания сохранилось лишь от 3 до 5 тыс. тигров. Положение усугубляется тем, что их ареалы часто очень разобщены и в каждом осталось всего по несколько особей. Это не только затрудняет воспроизведение численности, но и делает реальной угрозу близкородственного скрещивания, пагубно отражающегося на потомстве.

Теперь возникает возможность обмена генетическим материалом между различными заповедниками, где сохранились тигры.

Science News. 1990. V. 137. N 21. P. 327 (США).

Метеорология

В будни загрязнение сильнее

Метеорологи, возглавляемые У. Уайтом (W. H. White; Университет им. Дж. Вашингтона в Сент-Луисе, штат Миссури, США), изучали, как распространяются на протяжении длительного времени промышленные загрязнения в атмосфере.

Исследования велись на четырех метеостанциях, расположенных в разных по характеру воздушных бассейнах; в пределах крупнейшего по скоплению промышленности Лос-Анджелеса (штат Калифорния); на горном перевале, ведущем к этому городу; на вершине одной из гор в штате Невада; в пустыне, в 20 км от входа в Большой каньон (штат Аризона).

Измерялось содержание в атмосфере в летнее время метилхлороформа (1,1,1-трихлорэтана), используемого во многих отраслях промышленности в качестве растворителя (в частности, в электронике, высоко развитой в Калифорнии). Известно, что метилхлороформ активно разрушает молекулы озона, а тем самым и слой озоносферы, служащий «щитом» для всего живого от потока ультрафиолетовых лучей Солнца, а кроме того, способен усугублять парниковый эффект. Естественным образом это вещество не образуется, поэтому оно может служить отличным трассирующим элементом.

По данным всех станций установлено, что концентрация метилхлороформа в атмосфере четко следует недельному циклу: наибольшая — вслед за рабочими днями и резко сниженная — после суббот и воскресений. Таким образом, до-

казано, что поступление этого газа в атмосферу тесно связано со временем трудовой деятельности человека.

В самом Лос-Анджелесе содержание в воздухе метилхлороформа падало уже в выходные дни, а в Неваде и Аризоне — лишь с понедельника — вторника: очевидно, волне загрязнения требуются сутки-другие, чтобы преодолеть 400 км до метеостанции в Аризоне.

Science News. 1990. V. 138. № 4. P. 62. (США).

Биогеохимия

Фтор и криль

Когда выяснилось, что содержание фтора в антарктическом криле (Euphausia superba) очень велико (~0,5 мкг на 1 мг сухого веса), криль уже несколько лет использовался для приготовления продуктов питания и кормов для домашних животных. Можно вспомнить пасту «Океан», заполнявшую прилавки наших рыбных магазинов в 70-е годы. Однако фтор (в форме фторид-иона) сконцентрирован в основном в кутикуле рачков, где его содержание доходит до 2,6 мкг/мг сухого веса[1] (а в морской воде до 0,1 мкг/л).

Фторид кутикулы криля, видимо, связан с каким-то структурным белком[2]. Он весьма подвижен и легко мигрирует у мертвого криля в среду из сброшенной им при линьке кутикулы или из тканей. Переход на технологии с удалением кутикулы (шелушение) позволяет избежать недопустимого уровня фтора в мороженом мясе, консервах и фарше из криля. Однако проблема в целом не снята, и не только из-за сложностей с массовым аналитическим контролем концентрации фторида, возникающих в нашей рыбной промышленности. До недавних пор мало что было известно об источниках накопления фтора в криле. С. Николь и М. Столп из Австралийской антарктической службы в Хобарте[3] показали, что фтор извлекается рачками непосредственно из морской воды. При линьках концентрация фтора в криле уменьшается примерно в три раза, а в межлинечный период восстанавливается. Рост концентрации фторида в морской воде еще более повышает его содержание в кутикуле. Поскольку выход фтора из мертвых рачков и их шкурок идет очень быстро (за два первых дня содержание фторида в сброшенной кутикуле уменьшается в три раза), на участках с плотными скоплениями криля содержание фторида в воде может несколько повышаться. Но именно в районах таких скоплений работают промысловые суда, и там в воде взвешены отнюдь не одни линные шкурки, но и отходы крилевого промысла. А эти отходы могут быть очень значительны: по некоторым данным, количество просеивающегося через трал и гибнущего после этого криля в несколько раз превышает улов. Поэтому весьма насущны измерения концентрации фтора в водах их промысловых скоплений и в самом добываемом криле.

Большое содержание фтора в кутикуле характерно не только для антарктического криля, но и для других эвфаузиевых ракообразных. Поскольку они составляют важнейший компонент планктона почти во всех районах Мирового океана (кроме, может быть, Центрального Арктического бассейна), биогеохимическая функция эвфаузиид представляется весьма существенной. Сброшенная кутикула, погружаясь, отдает фтор в глубинные слои воды. Однако даже через четыре дня, когда она достигает глубины около 2700 м, содержание фторида в ней в 1000 раз превышает его уровень в воде. Таким образом, благодаря линькам эвфаузиид (а линяют они достаточно часто) осуществляется (в значительной мере) перенос фтора из поверхностных вод в глубины океана.

В. А. Спиридонов,
кандидат биологических наук
Москва

[1] Adelung D., Buhholz F., Culick B., Keck A. // Polar Biology. 1987. N 7. P. 43—50.

[2] Nicol S., Stolp M. // Deep Sea Research. 1989. V. 36. N 11. P. 1753—1762.

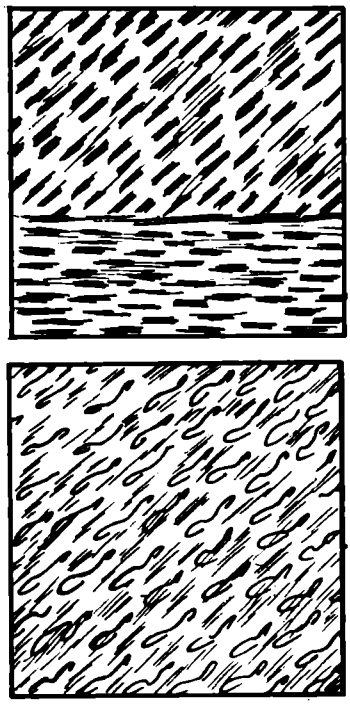
[3] Nicol S., Stolp M. // J. Crustacean Biology. 1991. V. 11. N 1. P. 10—16.

Геология

Звучащие породы кристаллического фундамента

Известно, что образцы пород срединно-океанических хребтов, поднятые на борт судна, иногда начинают прыгать на палубе, а чаще трескаются, издавая звуки, похожие на щелчки. Вызвано это высокой насыщенностью пород пузырьками газов (до 18 % объема). Похоже, звуки издают осадочные соляные породы. Так, если провести ножом по свежему излому образца корналлита, слышен треск, а если растворять эту породу в воде, она хрустит, как снег под ногами в морозный день.

Недавно нам удалось обнаружить звучащие образцы в кристаллическом фундаменте — древнем основании земной коры архейского возраста. Их извлекли из сверхглубокой Ново-Елховской скважины, бурение которой начато в 1988 г. западнее г. Аль-



Смена угла наклона текстуры (вверху) и нарушение текстуры мелкой складчатостью (внизу) в звучащих породах фундамента.

метьевска. Проектная глубина этой скважины 7 км; пробурено более 5 км. Заложена скважина в зоне, где кора разбита системой глубинных разломов. Цель бурения (помимо исследования вещественного состава, строения и истории геологического развития этого района Татарстана) — поиски возможных скоплений жидких и газообразных углеводородов в породах магматического и метаморфического происхождения.

Несколько образцов керна, поднятого с глубины более 4,5 км, при погружении в воду издавали в течение 10—20 мин треск и даже звуки, похожие на чавканье. При этом выделялись пузырьки газа, поднимавшиеся вверх тонкой струйкой. Звуки характерны для образцов пород, собранных в тех интервалах разреза, где меняется наклон текстуры в гнейсе, или там, где метаморфические породы нарушены мелкой складчатостью. Поскольку при благоприятных условиях (в частности, когда трещиноватые породы перекрыты монолитными) микровключения газа способны образовать промышленные скопления углеводородов, звучащие образцы могут иметь и поисковое значение.

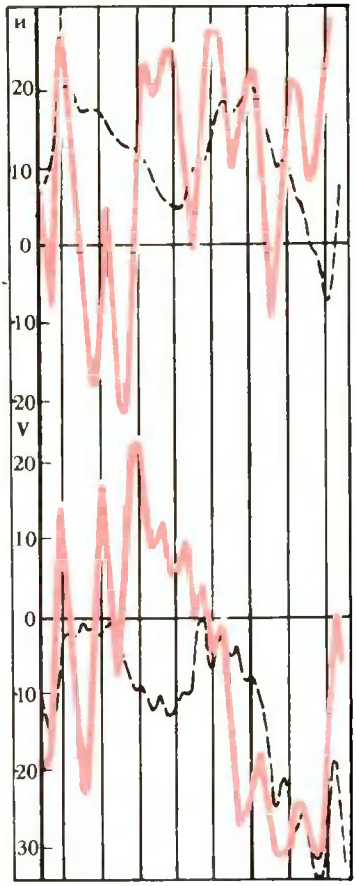
Д. Б. Искандеров,
кандидат геолого-минералогических наук
Альметьевск

Океанология

Нет покоя в толще вод

Еще совсем недавно даже среди специалистов было широко распространено представление о почти полном покое вне сравнительно тонкого верхнего слоя Мирового океана. И только когда возникла идея о захоронении радиоактивных и других ядовитых отходов в глубинах океанов, тщательными исследованиями было установлено, что не всегда и не везде там царит неподвижность.

Но, к сожалению, в современной океанологии еще очень мало надежных измерений, позволяющих судить о характере течений в глубинах Мирового океана.



Сильные полусуточные и длиннопериодные колебания скорости течений (см/с) в толще вод Гвианской котловины, в точке с координатами 10°50′ с. ш., 53°40′ з. д. В верхней части графика — изменения зональной составляющей горизонтальной скорости u (положительное направление — на восток), в нижней — изменения меридиональной составляющей v (положительное направление — на север) на глубинах 700 м (пунктирные линии) и 4000 м (сплошные линии). Как видно, и сами течения, и их колебания заметно сильнее на глубине 4000 м. (Масштаб на оси абсцисс равен половине лунных суток.)

В декабре 1988 г., в 38-м рейсе научно-исследовательского судна АН УССР «Академик Вернадский», автоматические буйковые станции зафиксировали в толще вод Гвианской котловины, что в тропической зоне Атлантического океана весьма сильные колебания скорости течений с амплитудой, превышающей на отдельных глубоких горизонтах 30 см/с. В районе измерений, судя по морским картам, не было никаких особенностей рельефа дна, могущих обусловить появление столь больших скоростей. Анализ результатов измерений показал существенные различия в характере изменчивости течений не только на близко расположенных приборах (как по вертикали, так и по горизонтали), но и во времени.

В районе работ зафиксированы почти одинаковые средние вертикальные профили температуры воды, что свидетельствует об отсутствии здесь горизонтальной неоднородности, которая могла бы обусловить повышенную изменчивость течений. Наблюдения указывают (см. график) на сильные полусуточные колебания скорости течений. Естественно отождествить эти колебания с полусуточным лунным приливом (половина лунных суток равна 12 ч 25,24 мин — этот период отмечен на графике вертикальными прямыми). Кроме того, легко прослеживаются здесь и так называемые инерционные колебания с периодом около 63 ч, который почти точно равен пятикратному полусуточному приливному периоду. Резонанс некогерентных инерционных колебаний с нестабильными приливными вполне может объяснить упомянутую выше изменчивость течений в пространстве и времени.

Таким образом, в толще вод, в частности на больших глубинах, встречаются сильные течения, вероятно, чаще нестационарные. Благоприятными для этого местами могут быть широты, на которых инерционный период соизмерим с одним из периодов главных приливов; благоприятными моментами — например, сизигии, когда сумма лунного и солнечного приливов максимальна.

А. Д. Ямпольский,
кандидат географических наук
Москва

Геофизика

«Рождественский подарок» сейсмологам

Обсуждению необычного сейсмического события, происшедшего 25 декабря 1989 г. на п-ове Унгава, между одноименной бухтой и Гудзоновым заливом в северо-восточной Канаде, было посвящено специальное заседание Геологического общества США в Балтиморе в марте 1991 г. Магнитуда толчка достигла 6 по шкале Рихтера, и лишь ненаселенность района позволила избежать жертв и разрушений. Так как в это время здесь стояла полярная ночь и местность была покрыта толстым слоем снега, осмотр отложили до лета. Впоследствии после нескольких суток поисков эпицентр наконец обнаружили. Группа специалистов из Геологической службы Канады во главе с Р. Уэтмиллером (R. J. Wetmiller) заметила, что вода в двух из многих тысяч озер Унгавской тундры окрашена не в обычные синевато-серые тона, а в бирюзовые: при землетрясении, эпицентр которого располагался рядом, береговая линия этих озерков была нарушена и попавшие в воду осадочные породы перекрасили ее.

Унгавское землетрясение принадлежит к внутриплитовым, происходящим обычно в «стабильной» центральной области континента, а не на его окраине, где одна плита земной коры, соприкасаясь с другой, вызывает периодические толчки, как, например, в Калифорнии или в Гималаях. В сейсмологической истории Северной Америки мощные внутриплитовые землетрясения не столь редки, но они, как правило, не приводили к разрыву поверхностного слоя земли. Рождественское же событие на п-ове Унгава вспороло поверхность с образованием на ней трещины длиной 8 км, направленной с юго-запада на северо-восток. Подобных случаев в Северной Америке известно лишь 10, причем это — первый, произошедший к востоку от Скалистых гор.

По мнению эксперта по внутриплитовым землетрясениям А. Джонстона (A. Johnston; Университет штата Теннесси, Мемфис, США), разрыв возник вследствие того, что толчок был мощным, а глубина очага мелкой. Юго-восточная сторона трещины надвинулась поверх северо-западной. Само направление разрыва, как признал специалист по геодинамике Р. Ричардсон (R. Richardson; Университет штата Аризона в Тусоне, США), противоречит ряду положений плитовой тектоники. Раньше ученые полагали, что тектонические силы смещают п-ов Унгава с северо-востока на юго-запад в результате напряжения, возникающего главным образом из-за растяжения морского дна в Атлантическом океане. Однако направление Унгавского разрыва делает весьма сомнительным такую ориентацию напряжений. Не исключено, что тектонисты вообще неправильно оценивали ориентировку напряжений на п-ове Лабрадор и во всей северо-восточной Канаде. В противном случае придется предположить, что Унгава — уникальный район, где местные геологические характеристики «пересилили» общую тенденцию напряжений в земной коре.

Местоположение эпицентра Унгавского землетрясения.

Помимо теоретического это имеет и немалое практическое значение: сейсмологи-прогнозисты срочно пересматривают свои концепции предсказания землетрясений в приатлантической части Канады и США, где находится немало атомных электростанций и хранилищ отходов атомной промышленности.

Science News. 1991. V. 139 № 11. P. 164 (США).

Геофизика

Антинейтрино — ключ к недрам Земли

В ходе β-распада радиоактивных элементов образуются антинейтрино — частицы высоких энергий, подобно нейтрино, почти не взаимодействующие с веществом. По мнению японских геофизиков М. Кобаяси и Й. Фукао (M. Kobayashi, Y. Fukao; Нагойский университет), в недрах Земли может происходить естественный радиоактивный распад в таких масштабах, что возникающие при этом антинейтрино могли бы служить источником обширной информации о химическом составе внутренних областей планеты и осуществляющихся там процессах. По их подсчетам, каждую секунду через 1 см^2 поверхности Земли должно проходить 8,9 млн. антинейтрино.

Большинство антинейтрино земного происхождения возникает при распаде ^{40}K, ^{232}Th и ^{238}U. Особый интерес представляет калий, поскольку встречается на Земле примерно впятеро реже, чем в остальной Вселенной, а по мнению теоретиков, «недостающее» его количество заключено в земном ядре.

Антинейтрино из ядра планеты могли бы выходить на поверхность сравнительно легко. При этом редкие их взаимодействия с частицами, из которых состоят химические элементы, сделали бы их доступными для обнаружения.

Как полагают японские исследователи, наилучшим детектором может служить редкий изотоп ^{3}He, 27 т которого в состоянии улавливать одно антинейтрино ежесуточно. Впрочем, реальнее детектор из водорода. Для такого же эффекта, каким обладают 27 т ^{3}He, необходимо около 4600 т водорода. Их можно заменить 41 тыс. т воды.

Однако реальных планов постройки подобного детектора пока нет.

Geophysical Research Letters. 1991. V. 18. P. 633 (США).

Кораллы «исправляют» радиоактивное датирование

В конце 40-х годов был разработан метод радиоактивного датирования, основанный на измерении количества атомов углерода ^{14}C в тканях растений и животных, которые поглощают этот элемент лишь будучи живыми. Распад ^{14}C идет с постоянной скоростью, и его остаток в образце указывает время, истекшее с момента смерти, так что этот процесс может служить «часами». Однако такая шкала не очень точна, ибо количество ^{14}C в окружающей среде несколько изменяется с течением времени. Это можно учесть, в частности, сопоставляя результаты радиоактивного датирования и числа годовых колец на спиле деревьев, но и такой метод позволяет заглянуть в прошлое не более чем на 8 тыс. лет.

Новый способ предложили геохимики Э. Бар (E. Bard; Центр изучения слабой радиоактивности, Жив-сюр-Ивет, Франция), Б. Амелен (B. Hamelin; Университет Э-Марсель III, Франция) и Р. Фербенкс (R. G. Fairbanks; Геологическая обсерватория им. Ламонта и Доэрти при Колумбийском университете, Палисейдс, штат Нью-Йорк, США), сообщившие о нем на конференции Американского геофизического союза в 1990 г. в Балтиморе.

Калибровка радиоуглеродного датирования производится на основе анализа образцов кораллов с помощью масс-спектрометра, измеряющего относительное содержание в них атомов U и Th. Радиоактивными «часами» при этом служит распад как ^{14}C, так и U, превращающегося в Th.

Ториевое датирование не может полностью заменить углеродное, так как применимо только к ограниченному кругу материалов. Но оно в состоянии назвать ценные калибровочные точки, помогающие воссоздать подлинный «календарь» событий.

Впервые новый метод был применен при анализе образцов коралла, взятых при бурении рифов в Карибском бассейне у о. Барбадос. Результаты сразу показали весьма резкие колебания концентрации ^{14}C со временем. Так, в эпоху оледенения атмосфера содержала на 40 % больше этого элемента, чем ныне. Очевидно, что при датировании по углероду это приводило к существенным ошибкам: например, материалы возрастом около 20 тыс. лет оказывались «моложе» на 3,5 тыс. лет.

Масштаб неточности старого метода поразил специалистов. Участники конференции вступили в острую дискуссию относительно причин, вызывавших столь крутые перепады концентрации углерода в окружающей среде. По мнению группы, руководимой Баром, в ледниковый период магнитное поле Земли было намного слабее нынешнего, что позволяло большему количеству заряженных космических частиц преодолевать атмосферу планеты, способствуя росту содержания ^{14}C на ее поверхности. Ряд геологических свидетельств подтверждают колебания интенсивности магнитного поля.

Если результаты датирования по Th окажутся верными, это заставит специалистов пересмотреть возраст множества событий на Земле. Например, новый метод указывает, что максимум последнего оледенения наступил около 21 тыс. лет назад, а не 18 тыс., как считали ранее. Климатологам это позволяет устранить некоторые противоречия, возникавшие при попытках определить массу льда, скованного ледниками в эпоху оледенения. Может пролиться свет и на определение скорости потепления по окончании последнего оледенения, что важно для прогноза предстоящих изменений климата планеты.

В археологии новый метод не требует полной передатировки важнейших событий, но, похоже, между этапами развития человека проходило больше времени, чем полагали.

Science News. 1990. V. 137. № 23. P. 356 (США).

Геохимия. Палеогеография

И все же катастрофу вызвал астероид

Согласно гипотезе Л. и У. Альваресов (L. Alvarez, W. Alvarez; Университет штата Калифорния, Беркли, США), 65 млн. лет назад Земля столкнулась с крупным небесным телом (астероидом или кометой), что привело к гибели значительной части флоры и фауны, включая динозавров. Гипотеза основана на том, что в ряде районов земного шара в геологических породах, относящихся к границе между меловым и третичным периодами (около 65 млн. лет назад), обнаружено необычно много иридия, весьма редкого на Земле, но распространенного в теле метеоритов.

В 1988 г. Дж. Буржуа (H. Bourgeois; Университет штата Вашингтон, Сиэтл, США) установила, что в районе р. Брасос (штат Техас) некогда прошла гигантская волна цунами, которая могла быть вызвана падением крупного небесного тела в воды близлежащего Мексиканского залива. Событие также датировалось концом мелового — началом третичного периода. Впрочем, столь единичные свидетельства убедили тогда далеко не всех специалистов. Но в марте 1991 г. У. Альварес (его отец скончался несколько лет назад) сообщил о результатах исследований в долине р. Арройо-де-Мимбраль (северо-восток Мексики). Оказалось, что 65 млн. лет назад здешние геологические породы находились на глубине около 500 м под дном Мексиканского залива. Видимо, к такому выбросу и переносу привело падение метеорита, образовавшего, как было обнаружено в 1990 г., огромный кратер около г. Прогресо на п-ве Юкатан. Хотя расстояние между обоими пунктами около 800 км, но вызванная мощным ударом волна цунами могла привести к подобным последствиям.

На дне обнажения пород найдены тектиты, причем их слой отличается особой мощностью — местами свыше 30 см. Слой тектитов перекрыт необычной смесью различных пород —

глубоководными морскими отложениями, валунами, редкими конгломератами и даже обломками дерева. Все это образует грубозернистый блок, именуемый мерголитом и перекрытый волнистым и слоистым покрытием, что говорит о его подводном, донном происхождении; он охватывает больше 500—1000 м морского ложа.

По мнению специалистов, высота цунами достигала 500—1000 м (как правило, самые высокие цунами измеряются десятками метров). Чтобы ее вызвать, небесное тело, упавшее в Мексиканский залив, должно было иметь диаметр около 10 км; тогда высвобожденной энергии хватило бы на то, чтобы «выплеснуть» всю воду из Мексиканского залива.

Поверх монолитного блока обнаружено многослойное напластование, видимо, образованное турбулентными волнами, перемещавшимися туда и обратно, пока воды бассейна постепенно успокаивались после удара. Под этим напластованием и поверх него осадочные породы выглядят уже «спокойно».

Итак, гипотеза, связывающая коренные перемены в геологической и биологической эволюции Земли 65 млн. лет назад с космической катастрофой, получила солидное подтверждение.

New Scientist. 1991. V. 129. N 1762. P. 14 (Великобритания).

КОРОТКО

●

Как обнаружили сотрудники Калифорнийского технологического института (Пасадена, США), в определенных точках на поверхности Солнца временами испускаются когерентные радиоволны, генерируемые природным мазером, связанным с интенсивным магнитным полем крупного солнечного пятна. Излучение возникает, когда электроны солнечной вспышки с большими скоростями попадают в соседнюю область, где сходящиеся линии магнитного поля захватывают в ловушку и отражают одни электроны, одновременно пропуская наружу другие.

Подобные импульсы электромагнитного излучения длительностью 0,1—0,2 с имеют интенсивность в миллиарды раз выше интенсивности излучения в том же диапазоне за счет иных процессов.

Science News. 1990. V. 137. N 25. P. 396 (США).

●

На борту космического аппарата «Кассини», который должен быть запущен в 2002 г., будет установлен радиолокатор, который сможет осуществить съемку поверхности спутника Сатурна Титана, скрытой плотной атмосферой. Возможно, эта поверхность сложена водным льдом, толстым слоем органических осадков или даже представляет собой сплошное море жидкого метана, этана или азота.

Для такой съемки радиолокатор должен работать на длине волны около 13,6 см, тогда его сигнал проникнет сквозь океанические осадки или ледяные отложения.

Science News. 1990. V. 138. N 4. P. 62 (США).

●

Астрофизики Э. У. Кливер (E. Cliver; Геофизическая лаборатория ВВС США в Хенскоме, штат Массачусетс), Дж. Фейнман и Х. Б. Гарретт (J. Feynman, H. M. Garrett; Лаборатория реактивного движения, Пасадена, штат Калифорния) установили, что 4 августа 1972 г. скорость солнечного ветра составляла 780 км/с, что является рекордным значением за последние полвека. Это удалось вычислить, сопоставляя измеренное наземными средствами время запаздывания между солнечными вспышками и вызываемыми ими геомагнитными бурями в магнитосфере Земли.

Science News. 1990. V. 138. N 16. P. 255 (США).

●

В Научно-исследовательском институте «Ниппон Рош» (Япония) впервые в мировой практике выделен из клетки человека и очищен белок-рецептор, играющий важную роль в функционировании в организме эндоцилина, который привлекает к себе всеобщее внимание как вещество, способствующее сжатию кровеносных сосудов и тем самым повышению давления крови.

Искра информация. 1990. № 50. С. 6 (Япония)

●

Геологическая служба США опубликовала сводную информацию о последствиях сейсмических событий на Земле в 1990 г. Землетрясения унесли почти столько же человеческих жизней, сколько за все 80-е годы, вместе взятые. Наибольшее число жертв связано с катастрофическими толчками на территории Ирáна, происшедшими 20 июня 1990 г.: это землетрясение (магнитудой 7,7 по шкале Рихтера) погубило около 50 тыс. человек; число раненых превысило 60 тыс.

Science News. 1991. V. 139. № 10. P. 159 (США).

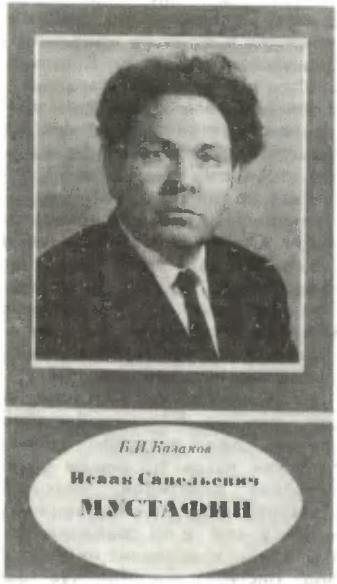
Саратовский химик глазами итальянских коллег

Ф. де Векки,
доктор химических наук
Миланский университет

ИМЕННО химики в первую очередь имеют язык международного общения. Их эсперанто — язык химических формул и уравнений реакций. Химические знания выше человеческих интриг и не зависят от воли и претензий политических деятелей. Химики разных стран прекрасно понимают друг друга, даже плохо владея иностранными языками, особенно когда находятся в поле притяжения научных интересов. А опыт совместных контактов показывает, что общих интересов у них немало. Советские химики хорошо известны за рубежом. Даже когда наши страны разделял «железный занавес», а живые человеческие контакты ограничивались знакомством с Краснознаменным ансамблем песни и пляски им. Александрова, мы знали имена советских ученых и следили за их достижениями.

Саратовская школа аналитической химии у нас всегда связывалась с именем замечательного советского ученого Исаака Савельевича Мустафина. К сожалению, мы не знали его лично и даже не читали его основных трудов в оригинале. Запросы о высылке оттисков статей и книг советских ученых, как правило, оставались без ответа — барьер подозрительности и недоверия разделял наши страны. И мы знакомились с работами саратовских химиков в основном по американскому журналу «Chemical Abstracts», который удивительным образом публикует краткие рефераты всех интересных исследований.

Конечно, не всегда легко осознать и уяснить логическую атмосферу научного поиска, опираясь на краткий реферат. Не всегда качество перевода и квалификация переводчика адекватны уровню ученого-исследователя, написавшего работу. Слишком часто информация, почерпнутая из реферативного журнала, вызывает поток вопросов и настоятельно требует обращения к оригиналу. Счастье — когда это удается. Обидно — когда интерес остается неудовлетворенным и нет возможности найти ответы на остро заинтересовавшие тебя вопросы. А работы Мустафина интересовали итальянских химиков.



Б. И. Казаков. ИСААК САВЕЛЬЕВИЧ МУСТАФИН. М.: Наука, 1990. Сер. научно-биографическая литература. 124 с.

Недавно в Москве вышла новая книга о Мустафине. В ней подробно рассказывается обо всех направлениях научного поиска саратовского профессора, который, как представляется, был настоящим ученым-энциклопедистом.

Книга вышла пока на русском языке, а уровень русского у зарубежных ученых, безусловно, оставляет желать лучшего, но те главы книги, в которых освещаются результаты научных исследований ученого и пути достижения интересных, а в ряде случаев выдающихся результатов, написаны ясно, четко, понятно.

Книгу мы читали с сыном Мустафина Дмитрием, тоже ученым-химиком. Вот уже несколько лет мы сотрудничаем с ним, а теперь и с его коллегами из Московского химико-технологического института им. Д. И. Менделеева и уверены, что это сотрудничество необходимо и советским, и итальянским ученым.

Когда мы обсуждали с Дмитрием первую главу книги, она показалась мне и интересной, и поучительной. Но, вероятно, я не смогу согласиться со всеми оценками жизненных ситуаций, в которых оказывается И. С. Мустафин. Автор воспевает героизм ученого, который постоянно вынужден заниматься не своим делом: то его посылают «в помощь селу» для организации машинно-тракторных станций, то он «восстанавливает разруху» в городе, то вместе со студентами заготавливает хворост для отопления университета. Если бы я описывала эти события, я бы нашла для этого слова, выражающие чувство скорби и горечи. Как много сумел бы сделать герой книги в благоприятных условиях.

Ведь уже его первые научные работы, выполненные в студенческие годы, вызвали значительный резонанс в научном мире. Молодому ученому удалось установить, что при действии кислорода воздуха на углеводороды нефти образуется формальдегид, который в обычных условиях способен превра-

щаться в сахароподобные вещества — углеводы. Обнаруженное явление свидетельствовало о возможности возникновения жизненно важных соединений на планете без участия живых организмов.

Затем Мустафин постепенно перешел к исследованию геохимических проблем. Он сопоставил известные мировые запасы горючих ископаемых по геологическим периодам и пришел к выводу, что отложения каустобиолитов различных геологических периодов (от кайнозоя до палеозоя) содержат в масштабах планеты пропорциональные количества нефти, горючих сланцев, каменных углей. Найденные корреляции и сегодня остаются наиболее значительным аргументом теории органического происхождения нефти.

После второй мировой войны магистральным научным направлением ученого стали исследования аналитического применения органических веществ. Из лаборатории Мустафина вышли многие органические реактивы, методы и способы определения самых различных соединений, которые ныне широко применяются химиками в практической и научной деятельности.

Кроме того, он разработал теоретические основы применения органических веществ в анализе. Ученый выдвинул теоретические положения, открывающие пути для конструирования молекул реактивов с заранее заданными свойствами. Очевидно, введение любого атома или группировки в молекулу органического реактива должно отразиться на свойствах не только исходного соединения, но и образующегося в результате химической реакции. Исходя из этого, Мустафин приступил к выявлению степени и характера внутримолекулярного воздействия атомов и групп, вводимых в разные части молекулы органического реактива, в том числе в аналитический центр, и описал это в книге «Органические реактивы»[1].

Рассматривая чувствительность различных аналитических методик, он пришел к выводу, что существуют причины, ограничивающие возможности повышения чувствительности при прямом аналитическом определении. Однотипные реактивы имеют максимальную чувствительность к данному иону, которую нельзя превысить. Дальнейшие его исследования позволили установить наличие предела чувствительности определения не какого-то одного реактива, а метода в целом. Ему удалось рассчитать пределы чувствительности различных аналитических методов. Он не только установил и доказал принципиальную невозможность повышения чувствительности определения прежними способами, но и наметил пути развития перспективных аналитических методов.

Диапазон научных интересов ученого был необычайно широк. Среди его работ теоретические труды по химии органических реактивов, методам обнаружения и количественному анализу, статьи по созданию новых титриметрических индикаторов, расчеты предела чувствительности различных аналитических методов, исследования по органической химии, био- и геохимические исследования, работы по истории науки и философским аспектам химии, статьи по актуальным политическим и экономическим вопросам, очерки о жизни и деятельности выдающихся людей и множество других трудов. Б. И. Казаков впервые привел полную библиографию работ ученого, насчитывающую около 300 оригинальных наименований.

В заключение несколько слов об авторе книги — Борисе Игнатьевиче Казакове. Он внук известного русского ученого-натуралиста Леонида Павловича Сабанеева[2], племянник выдающегося советского химика-радиолога Леонида Николаевича Богоявленского[3], сын знаменитого московского врача Игнатия Николаевича Казакова[4], который отказался подписать фальшивое заключение о причинах смерти жены Сталина и, таким образом, определил судьбу себе и своим близким. Так что юность Б. И. Казакова прошла не в московской профессорской квартире... Только в 50-е годы он вернулся из сталинских лагерей, закончил химический факультет Саратовского университета, работал доцентом Саратовского пединститута и написал немало интересных книг о химии и химиках. Спасибо ему и за его новый труд — о замечательном ученом И. С. Мустафине.

Перевод с итальянского
Д. И. Мустафина

---

[1] Мустафин И. С., Молот Л. А. Органические реактивы. Ч. 1. Общие вопросы, исследование реактивов и аналитических форм. Саратов, 1967.

[2] Туркин Н. В. Жизнь и деятельность Л. П. Сабанеева // Сабанеев Л. П. Рыбы России. 3-е изд., М., 1911. См. также: Успенская Н. В. «Природа» до «Природы» // Природа. 1981. № 11. С. 64—75.

[3] Казаков Б. И., Ильина Т. Д. Леонид Николаевич Богоявленский. М., 1981.

[4] Солженицын А. И. Архипелаг Гулаг. 1918—1956. М., 1989. Т. 1. С. 17; Антонов-Овсеенко А. В. Сталин без маски. М., 1991. С. 408—417.

Биология

В. И. Артамонов. ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ. М.: ВО Агропромиздат, 1991. 336 с. Ц. 2 р. 30 к.

Книга действительно занимательно рассказывает об основных процессах, которые протекают в растении,— фотосинтезе, дыхании, водном и минеральном питании, росте и развитии, а также приспособлениях, которые помогают многолетникам перезимовать даже в самом суровом климате. Каждая из восьми глав разбита на многие интригующе названные подразделы (например, «Зеленая электростанция», «Лесные и морские фонари», «Деревья «худеют» и «поправляются», «Золото — из полыни, алюминий — из плауна», «Почва для космоса», «Сад Тартарена», «Растения для луны», «Растения измеряют время», «Обладают ли растения эмоциями?», «Богомольная пальма из Фаридпура», «Растения-бомбардиры»).

На страницах книги — россыпи интереснейших фактов о чудесах мира растений. Вот некоторые из них.

Существуют «нефтяные» растения из семейств бобовых и молочайных, сок которых после небольшой переработки пригоден для использования автомобилями. Горючее получают из масла сои, арахиса, кокосовой и масличной пальмы. Пока оно дороже, чем бензин, но запасы нефти исчерпаемы, а растительного сырья — легко восполнимы.

В долине Амазонки есть «хмельные водоемы», в которые после паводка растения выделяют спирт в таком количестве, что вода служит основой приготовления веселящих напитков.

Клубни картофеля — хорошие барометры, изменение скорости прорастания глазков сигнализирует о смене атмосферного давления за два дня вперед.

На раскаленных песках пустынь Средней Азии чабаны выращивают сладчайшие арбузы и дыни, помещая семечко в расщеп срезанного стебелька верблюжьей колючки, имеющей очень глубокую корневую систему.

Эта книга будет желанной для учителей биологии, студентов-биологов и агрономов и просто для тех, кто любит природу.

Биология

Н. С. Котелина. ГРИБЫ ТАЙГИ И ТУНДРЫ. Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1990. 128 с. Ц. 65 к.

«Навсегда запомнились мне те глухие таежные леса на Выми и Вычегде, где проходило мое детство». Этими словами начинает свой рассказ о грибных богатствах таежного края республики Коми старейший ботаник Нина Степановна Котелина. По основному профилю работы она геоботаник, и именно это определило порядок изложения материала. После краткой главы о строении и размножении грибов она описывает их не по семействам, а по типам местообитаний, рассказывая о грибах в сосновом, еловом, лиственничном, лиственном из березы и осины лесу, на пнях и гниющей древесине и, наконец, на лугах и в городских парках. О каждом из видов грибов сказано немного, но, пожалуй, сообщено все нужное, чтобы узнать его в природе, не спутав с опасным двойником. Этому помогают очень хорошие цветные рисунки. Приведены данные о запасах основных видов пищевых грибов на территории Коми. Их в этом крае пока, к счастью, более чем достаточно, причем лучших — белых, подосиновиков, маслят, груздей.

Грибнику полезен «грибной календарь». С удовольствием читаются народные приметы: зацвела сирень — пошли шампиньоны, поспели семена осины — собирай первые подосиновики, заколосилась рожь — жди первых белых грибов, отяжелели метелки овса — появился осенний опенок. Узнает читатель и о том, кто лишает нас большей части урожая грибов (главу о вредителях написала Е. В. Юркина), как вырастить дома не только шампиньоны, но и вешенки. Наконец, в книге масса уникальных рецептов грибной кухни северян — финских, эстонских, карельских, латышских, русских, коми блюд. Особенно уместны сегодня советы, как лучше заготовить грибы впрок.

Ботаника

М. Г. Вахрамеева, Л. В. Денисова, С. В. Никитина, С. К. Самсонов. ОРХИДЕИ НАШЕЙ СТРАНЫ. М.: Наука, 1991. 224 с. Ц. 3 р.

Орхидеи поражают изысканной красотой и разнообразием. В тропиках они в основном живут на стволах деревьев, в умеренной полосе — на почве. Из почти 30 тыс. их видов в нашей стране произрастает менее 150, но при этом большая часть их уже находится под угрозой уничтожения, а 35 видов занесены в «Красную книгу СССР».

Орхидеи выживают благодаря огромному количеству микроскопических семян (одно растение дает миллионы семян), отлаженному симбиозу с грибами-микоризообразователями и с опылителями. Насекомые переносят пыльцу, упакованную в пачки — поллинии, которые снабжены еще и специальными присосками. Насекомых привлекают не только пыльца и нектар, но и сексуальные соблазны, которые имитируют эти удивительные цветы. Их запахи — на любой вкус, от гнилого мяса до изысканных духов.

Цветки большинства растений способны к опылению всего считанные часы или дни, орхидные же готовы принять пыльцу в течение нескольких недель и даже (в тропиках) месяцев.

Орхидеи уже научились выращивать в культуре. Они не только украшение жизни, но и лекарственные и даже пищевые растения. Совсем недавно они прославились тем, что оказались отличными «космонавтами» и лучше, чем представители других семейств, вынесли невесомость.

В книге описаны биология, экология и география орхидных и подробно охарактеризованы все виды, обитающие в нашей стране. Приведено множество прекрасных цветных фотографий. Авторы надеются, «что, узнав, как хороши и совершенны наши орхидеи, с какими трудностями они встречаются в этом мире, читатели будут более бережно относиться к этим представителям зеленого царства и способствовать их сохранению, чтобы ими могли любоваться еще многие поколения людей».

Экология

С. З. Скрябин, М. Н. Караваев. ЗЕЛЕНЫЙ ПОКРОВ ЯКУТИИ. Изд. 2-е, доп. Якутск: Кн. изд-во, 1991. 176 с. Ц. 5 р.

Первое издание этой книги увидело свет в 1971 г., и вскоре в американском журнале «Ecology» один из видных американских экологов Дж. Мейджер (кстати, единственный, кто читал по-русски и постоянно интересовался советской литературой) написал о ней лестные слова и посетовал, что нет подобной книги о растительности Аляски, которая во многом близка по природным условиям к Якутии. Второе издание книги включило все новое, что стало известно о растительности Якутии за последние 20 лет.

Основная часть книги посвящена природным зонам республики — арктическим пустыням, тундрам, лесотундрам, тайге. Кроме того, описана растительность болот, гор, лугов, водоемов, полей и особых, чисто якутских ландшафтов: аласов (луговых полян с озерами в центре), северных песчаных пустынь — тукуланов, «наледных полян» и т. д.

Интересны история изучения зеленого покрова этого уникального края, описание его геологического строения и климата. Количество осадков и щедрость летнего солнца на территории Якутии почти такие же, как в зонах степей. Однако из-за вечной мерзлоты и короткого вегетационного периода здесь преобладает лиственничная тайга.

Любопытен рассказ о перипетиях формирования разнообразной флоры этого обширного района, которая насчитывает свыше 1600 видов. Есть среди них сохранившиеся с теплых времен выходцы из южных степей и даже полупустынь. Немало видов проникло в Якутию с человеком и закрепилось на полях и пустырях.

В книге много интересных и хорошо напечатанных цветных фотографий.

История естествознания

Амирдовлат Амасиаци. НЕНУЖНОЕ ДЛЯ НЕУЧЕЙ. Пер. с арм., вст. ст. и коммент. С. А. Варданян. М.: Наука, 1990 (Сер. «Научное наследство». Т. 13). 880 с. Ц 10 р.

Это капитальный труд по фармакогнозии и терапии средневекового армянского естествоиспытателя и врача. Амирдовлат родился в 20-х годах XV в. в богатой античными традициями Амасии, бывшей столице Понтийского царства (ныне Турции), населенной преимущественно армянами. Скончался в 1496 г. Естествознанием и медициной занимался вначале в родном городе, затем в Константинополе, где в 1459 г., спустя шесть лет после завоевания столицы Византии турками, создал свое первое сочинение «Учение медицины» и получил степень магистра медицины (бжкапета). Некоторое время он был лейб-медиком султана Мехмеда II.

Научные труды Амирдовлата Амасиаци, а их известно четыре, еще одно подтверждение тому, что в средневековой армянской книжности важное место занимали сочинения по естествознанию. Каноническим текстом «Ненужного для неучей» (1478—1492 гг.) служит рукопись, хранящаяся в Британском музее. Она написана писцом под наблюдением автора, поэтому считается автографом. Два десятка списков этого сочинения находятся в ереванском Матенадаране, а также в архивохранилищах ряда городов Европы. Впервые труд был опубликован в Вене в 1926 г. стараниями историка науки К. Басмаджяна. Это издание в сопоставлении с фотокопией лондонского манускрипта и явилось основой для данного перевода на русский язык.

«Ненужное для неучей» — научный словарь, в котором можно найти исчерпывающую для времени его издания информацию о лекарственных средствах растительного, животного и минерального происхождения, о способах их лечебного применения. Автором приведен не имевший аналогов свод сведений по флоре Закавказья, Малой Азии, Ирана, Египта, Балканского полуострова, почерпнутых частью из его путешествий. В 3378 словарных статьях, размещенных по армянскому алфавиту, описано около 1000 видов растений, 250 животных препаратов и 150 минералов, имеющих врачебное значение. Названия даны на армянском, латинском, греческом, арабском и турецком языках.

Почти половину объема книги занимают вступительная статья, подробнейший научный комментарий, примечания, указатели, принадлежащие перу С. А. Варданян, а также ее статьи: «Вопросы ботаники и географии в средневековой армянской фармакогнозии» и «Лекарственные средства средневековой армянской фармакогнозии и перспективы их использования в современной медицине».

Рецензируемая книга, появлению которой мы обязаны не в последнюю очередь традициям и техническим возможностям ленинградской типографии издательства «Наука», представляет интерес не только для историков естествознания, но и широкой медицинской общественности.

Г. К. Цверава
Бокситогорск

Жизнь г-на Лавуазье

З. Е. Гельман,
кандидат химических наук
Москва

НОЖ гильотины поднялся и замер. Всего на мгновение! Замерла и толпа, окружавшая эшафот,— на плахе лежала голова гения. Шел 1794 год. Смерть правила бал по всей Франции. Революция, начавшаяся годом раньше и вошедшая в историю как Великая французская, требовала все новых и новых жертвоприношений.

В тот день 8 мая «безболезненной машине для казни» пришлось немало поработать. Еще бы! Двадцать восемь самых могущественных и богатых людей Франции взошли тогда на эшафот. Одним из них был Антуан Лоран Лавуазье, величайший химик и физик, блистательный литератор, оратор, адвокат...

Знакомая картина: суд, вынесение приговора, казнь, — все произошло в один день, переиначенный как 19 флореаля II года Французской Республики. Современник Лавуазье, знаменитый механик и математик Ж. Л. Лагранж, узнав о гибели Лавуазье, сказал: «Достаточно было всего лишь одного мгновения, чтобы отрубить эту голову, и потребуется, вероятно, целое столетие, чтобы породить ей подобную»[1]. Лагранж ошибся — столетия не хватило. Двух, вероятно, тоже не хватит. Подобных ученых Франция больше не знала...

Жизненный путь Лавуазье довольно долго не пересекался с химией. С детства он проявлял недюжинные способности и упорство в достижении цели. Обучаясь в престижном Колледже Мазарини, именовавшемся также Коллежем четырех наций, будущий великий химик на первых порах увлекся риторикой и сумел на конкурсе всех школ Франции получить вторую премию по французскому красноречию. Начал писать драму. Однако вскоре понял, что по уму и характеру более склонен к занятиям естествознанием. Успехи по этим предметам были замечены в коллеже: Антуана хвалили известные ученые, которые в те времена преподавали и в средних учебных заведениях.

Подчиняясь непреклонной воле отца, Лавуазье поступает на юридический факультет Парижского университета, однако, несмотря на насыщенность программы, находит время для серьезных занятий геологией, ботаникой, астрономией, физикой. В 1764 г. он получает звание лиценциата прав, а спустя четыре года избирается в Парижскую академию адъюнктом по химии. Через десять лет он уже действительный член академии, а затем и ее директор. В период Конвента он предпринимает отчаянные попытки спасти ее от разгрома. Однако это ему не удается.

Лавуазье — величайший химик всех времен и народов, но если говорить о складе его научного мышления, то это математик, принявший «химическую веру».

Многие постулаты химии до Лавуазье оставались окутаны туманом ее прародительницы алхимии. И одной из первых сверхзадач, которые ему предстояло решить, был ответ на вопрос: можно ли воду превратить в землю? Лавуазье доказал — нельзя. Неопровержимость этого вывода была подтверждена (большое новшество для химии!) весовыми определениями.

Главное, что сделал в своей жизни Лавуазье, связано с опровержением теории флогистона — горючего начала, которое в процессе горения якобы выделяется из тела, оставляя золу. Особенно богатыми флогистоном считались легковоспламеняющиеся вещества — дерево, уголь, сера. Лавуазье доказал, что при горении вещество не выделяется из тела, а присоединяется к нему. Разработал учение о кислороде как главном участнике процесса горения.

Своими открытиями Лавуазье обязан весам, т. е. количественному методу, который первым ввел в химию[2]. Именно с помощью весов он установил, что металлы, присоединившие кислород, тяжелее металлов, не вступивших в реакцию с кислородом. Этот непреложный факт совершенно не был очевиден 200 лет назад.

До Лавуазье химического эксперимента, соответствующего духу точного естествознания, не было. Именно Лавуазье положил начало строгому научному методу в химии[3]. Он уяснил единую сущность горения, дыхания и гниения как процесса окисления и на основании точных (разумеется, только для того времени) количественных исследований вывел закон сохранения, или вечности, материи. Это было в 1785 г. Закон, открытый Лавуазье,— первооснова, фундамент, на котором заложено здание современного естествознания.

[1] Цит. по: Мусабеков Ю. С., Черняк А. Я. Выдающиеся химики мира. М., 1971. С. 67.

[2] Melhado E. M. Chemistry, physics and the chemical revolution // Isis. 1985. V. 76. N 282. P. 195—211. См. также: Дорфман Я. Г. Лавуазье. 2-е перераб. изд. М., 1962. С. 327.

[3] Guerlac H. Chemistry as a branch of physics: Laplace's Collaboration with Lavoisier // Historical Studies in Physical Sciences. 1976. V. 7. P. 193—276.

Антуан Лорен Лавуазье (1743—1794).

Лавуазье был атеистом. Для французских революционеров, которые в конце XVIII в. крушили монархию и «старую» религию, чтобы на ее обломках создать новую, «революционную», атеизм казался подозрительным сам по себе... По крайней мере Робеспьер атеистам не просто не доверял, а люто их ненавидел[4].

Вернемся в 1768 г. Двадцатипятилетний Антуан Лоран, сын преуспевшего буржуа, вступает в Генеральный откуп — финансовую организацию, еще с XVII в. арендовавшую у французского короля права по взиманию пошлин за монопольную торговлю табаком, солью и вином. Капиталы его растут. И здесь у многих возникает вопрос: зачем научному гению, да еще довольно богатому наследнику, нужно было тратить время и энергию на коммерцию, отрываясь от занятий, которые составляли главный смысл его жизни?

Биографы по-разному отвечают на этот вопрос, но, думается, в первую очередь нужно прислушаться к самому Лавуазье, который не раз обращал внимание на крупные суммы, которые ему приходилось расходовать на научные изыскания.

Но это одна сторона дела. Конечно, Лавуазье не был ученым-отшельником. Это был жизнелюб, который стремился к полноте самовыражения. Случилось так, что именно через Откуп он познакомился со своей будущей женой. В 1771 г. 28-летний Лавуазье женится на 14-летней дочери одного из генеральных откупщиков. Брак оказался очень счастливым, хотя и бездетным. Неплохая художница — она брала уроки у знаменитого Давида — Мария Анна Пьеретта проиллюстрировала практически все труды своего мужа и, разумеется, его знаменитый «Начальный курс химии», впервые вышедший в марте 1789 г., незадолго до начала революции. Этот учебник, написанный великолепным языком, с привлече-

[4] Лукин Н. М. Максимилиан Робеспьер // Лукин Н. М. Избр. труды. М., 1960. Т. 1. С. 102—106.

нием сведений из разных наук (в том числе гуманитарных), кто-то из историков назвал «одним из бессмертных этапов цивилизации».

Содействуя налаживанию производства пороха и селитры в только что образовавшихся США, Лавуазье реально помогал североамериканцам в борьбе за независимость. Б. Франклин, прибывший во Францию в качестве первого американского посла, нашел в лице супругов Лавуазье своих решительных сторонников и личных друзей.

Лавуазье купил поместье, которое вскоре превратил в передовую для того времени скотоводческую ферму. И на ферме ввел метод, который вполне можно назвать количественным: точный учет всего используемого и покупаемого — по весу, поштучно и в денежном выражении.

Перу Лавуазье принадлежат любопытнейшие «Размышления о народном образовании». Он учредитель и административный директор Лицея наук и искусств, необычного учебного заведения, соединявшего в себе, по словам самого Лавуазье, «приятное с полезным». Ученики овладевали там основами наук с помощью различных форм искусства (в основном спектаклей).

Когда Лавуазье был арестован, за него, как за крупнейшего ученого, ходатайствовали не только его коллеги, но и многие политические деятели. Однако накануне судебного процесса надежды на спасение рухнули: неистовый Робеспьер, глава Комитета общественного спасения, направо и налево казнивший тех, кто выражал хотя бы малейшее сомнение в его мыслях и действиях, произнес речь, в которой назвал атеизм величайшим преступлением, а «безбожную секту энциклопедистов» причислил к «врагам народа» (какая терминология!). Робеспьер призывал к созданию «новой морали», «новой религии», и в этом деле ему не были нужны ученые, тем более ученые-атеисты...[5]

Комитет общественного спасения вмешивался во все. Понятное дело, что науку он тоже не мог обойти своим вниманием и активно принялся реорганизовывать и переорганизовывать ее структуру, создавая так называемые «исследовательские бюро для решения технических проблем». (Снова поражает подобие не только фактов, но и слов.) Но к Лавуазье относились, как к прокаженному — к его услугам не прибегали.

Если теперь задаться простым вопросом, были ли лично знакомы Лавуазье и Робеспьер, то ответ покажется весьма удивительным. Они не только были знакомы с дореволюционных времен, но и оба принадлежали к одной масонской ложе илюминатов. Эта ложа, основанная неким А. Вейсгауптом, ставила своей целью «освободить народы от тирании князей и духовенства и, как немедленный прогресс, освободить крестьян и рабочих от крепостного состояния, от барщины и от ремесленных гильдий». И, конечно же, не правы историки, десятилетиями причислявшие Лавуазье к политическим реакционерам и монархистам. Намного глубже оказался П. А. Кропоткин, называвший Лавуазье «великим химиком и хорошим республиканцем».

Но вина в трагической судьбе Лавуазье лежит не только на Робеспьере — «демоне революции». Активно подталкивал великого ученого к гильотине Ж. П. Марат, завистник, ранее подвизавшийся на ниве науки. Он получил в английском университете Св. Эндрюса степень доктора медицины — honoris causa. Во Франции вышел ряд его трудов и среди них «Открытия Марата, доктора медицины и врача лейб-гвардии графа д'Артуа, об огне, электричестве и свете, установленные в результате новейших опытов, проверенных уполномоченным Академии наук». Последующие опусы именовались скромнее, например «О физических свойствах огня» или «О свете». Но кропотливый труд малоизвестного ученого Марату претил. Об этом он прямо пишет в статье «Портрет «Друга народа», нарисованный им самим»: «Моей главной страстью была любовь к славе; она определяла выбор тех или иных моих занятий; она заставляла отбрасывать каждый предмет, который не обещал мне прийти к настоящим большим результатам...»[6] Явно красуясь, Марат сам себя возводит в феноменальную личность: «Я был задумчив в пятнадцать лет, наблюдателен — в восемнадцать, мыслителем — в двадцать один год».

И что же решил предпринять этот мыслитель? Он взялся опровергать великих ученых. Мелочиться не стал — начал с Ньютона. Однако немного не рассчитал, ибо не ожидал последовавшей реакции серьезных французских ученых-академиков, университетских профессоров... Они просто его игнорировали. Аббат Бертелон, один из главных противников Маратаестествоиспытателя, советовал «не отвечать этому невежде... стремящемуся только заставить говорить о себе».

Марат пришел в бешенство и с характерным для него неистовством обрушился на отечественных ученых, на академиков и академию. Он писал: «Я осмелился бы польстить себе, что добился своей цели, если судить по гнусному преследованию меня со стороны королевской академии наук, не прекращавшемуся в течение десяти лет, когда она убедилась, что мои открытия о свете ниспровергнут все труды за целое столетие и что я мало забочусь о том, чтобы войти в ее состав. Поверят ли, что так как Даламберы, Кариты, Леруа, Менье, Лаланды, Лапласы, Монжи, Кузены, Лавуазье и шарлатаны этой научной корпорации одни хотели держать в своих руках светильник и так как в их руках были все трубы, создающие славу,— они стали обесценивать мои открытия во всей Европе, возбуждать против меня все ученые общества, закрывать для меня все журналы...»[7]

Эта цитата очень выразительна, но не только потому, что показывает, как можно хватить через край. Называя шарлатанами крупнейших ученых Франции, Марат ниспровергал их в глазах толпы, подбрасывая на-

[5] Там же. См. также: Редонди П. Французская революция и история науки. Пер. с фр. // Природа. 1989. № 7. С. 82—91.

[6] Марат Ж. П. Избр. произв. М., 1956. Т. 3. С. 232.

[7] Там же. С. 390.

мек, что они сродни королевским чиновникам, сидевшим на шее народа. (Вечный прием.)

Нельзя сказать, что Лавуазье не пытался защищаться. Ему пришлось вспомнить о своем юридическом образовании, когда он доказывал абсурдность приписываемых Генеральному откупу тягчайших уголовных преступлений. По свидетельству современников, Лавуазье предлагали изъять его дело из общего дела откупщиков, фактически еще до суда обреченных на смерть, и перевести в другую тюрьму. Однако Лавуазье такое предложение отверг, ибо считал подобного рода поступки позорными для чести. Наконец, Лавуазье предложили бежать, но и это предложение он отверг по этическим соображениям, так как его коллеги по Откупу такого предложения не получили.

Неправедный суд свершился — великого Лавуазье обезглавили... Кучка интриганов, возомнивших себя революционерами и создателями новой цивилизации, могла праздновать пиррову победу. Но прошло совсем немного времени, и на эшафоте оказались головы тех, кто послал туда Лавуазье. По трупам в светлое будущее войти еще никому не удавалось. А величие того, что успел сделать Лавуазье за свою в общем-то недлинную жизнь, всегда будет вызывать восхищение потомков.

Над номером работали
Заместитель ответственного секретаря О. В. ВОЛОШИНА

Научные редакторы:
И. Н. АРУТЮНЯН
О. О. АСТАХОВА
Л. П. БЕЛЯНОВА
М. Ю. ЗУБРЕВА
Э. Ю. КАЛИНИН
Г. В. КОРОТКЕВИЧ
Л. Д. МАЙОРОВА
Н. Д. МОРОЗОВА
Н. В. УСПЕНСКАЯ

Литературный редактор
Г. В. ЧУБА

Художественные редакторы:
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Заведующая редакцией
С. С. ПЕРЕПЕЛКИНА

Корректоры:
Р. С. ШАЙМАРДАНОВА,
Т. Е. ДЖАЛАЛЯНЦ

В художественном оформлении номера принимал участие
Ю. В. ТИМОФЕЕВ

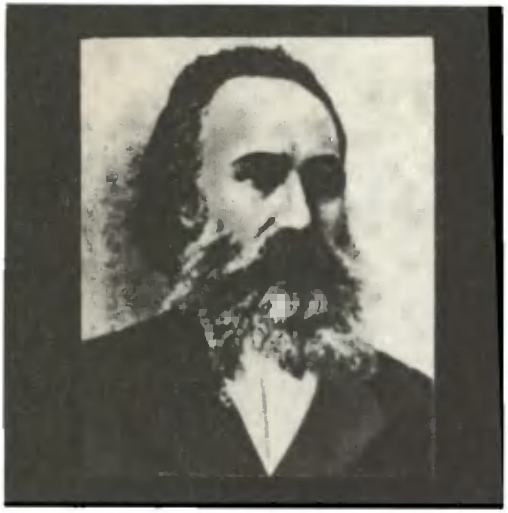
Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука»

Адрес редакции:
117810, Москва, ГСП-1,
Мароновский пер., 26
Тел. 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 3.09.91.
Подписано в печать 21.10.91.
Формат 70×100 1/16
Бумага офестная, № 1
Офсетная печать
Усл. печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 1061,4 тыс.
Уч.-изд. л. 15,1
Тираж 39 650 экз.
Зак. 1443
Цена 1 р. 20 к.

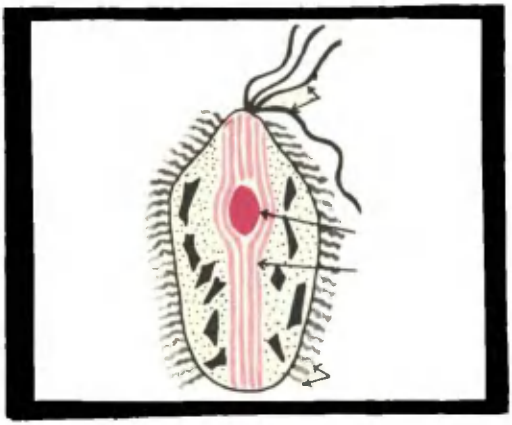
Ордена Трудового Красного Знамени Чеховский полиграфический комбинат Государственной ассоциации предприятий, объединений и организаций полиграфической промышленности «АСПОЛ»
142300, г. Чехов Московской области

ПРИРОДА 12 91



100 лет назад на заседании Императорского минералогического общества делопроизводитель Геологического комитета Е. С. Федоров представил полный список всех допустимых для кристаллических структур групп симметрии. Такой подход впервые связывал специфику кристаллов не с природой атомов, а с их взаимным расположением.

ФЕДОРОВСКИЕ ГРУППЫ — УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ЗАКОН ПРИРОДЫ



Анализ новых фактов, подтверждающих симбиотическое происхождение клеточных органелл, проливает свет на некоторые проблемы эволюции клетки.

Мирабдуллаев И. М. ЭНДОСИМБИОТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ — ОТ ФАНТАСТИКИ К ПАРАДИГМЕ

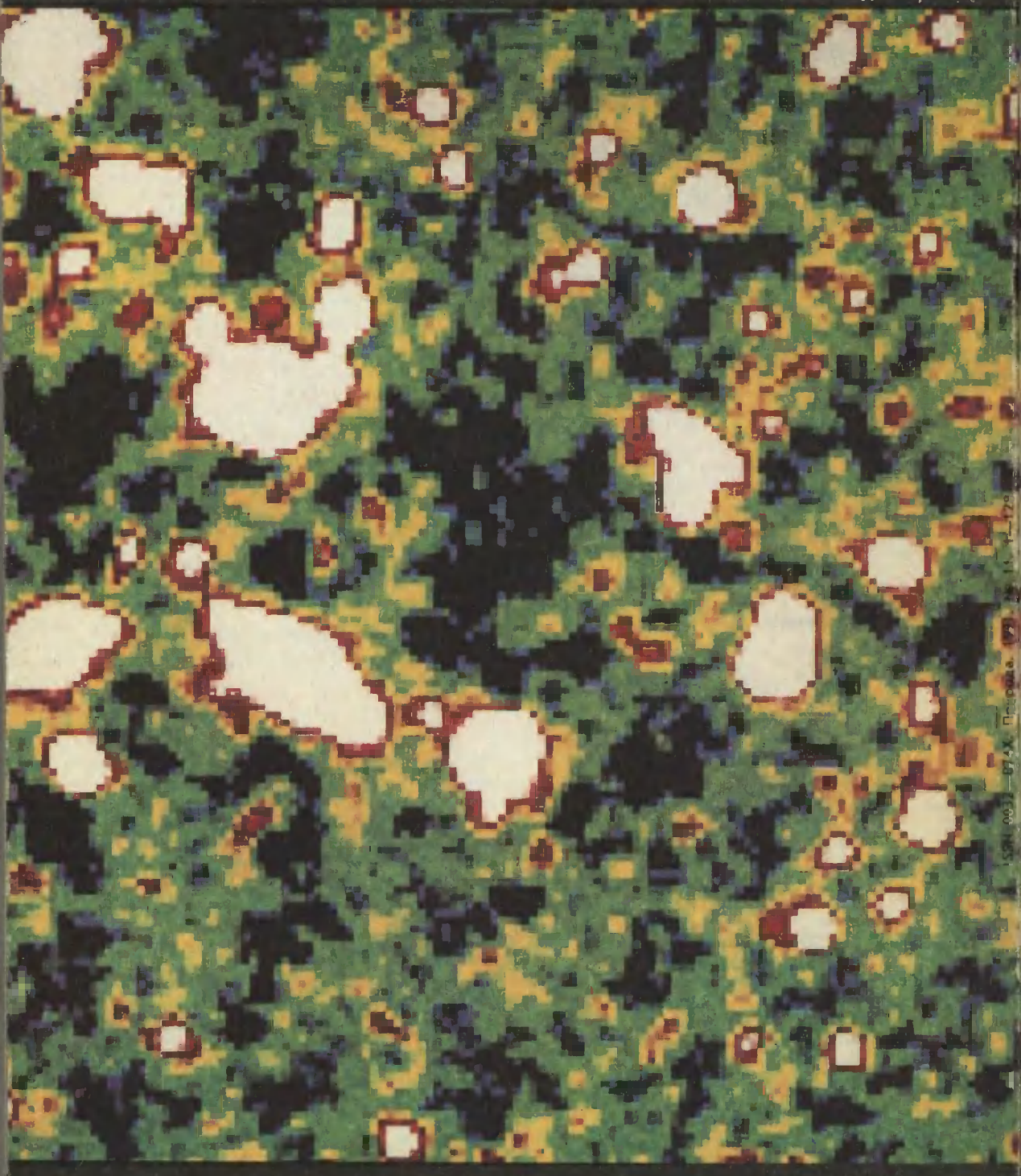
Находки перьев, костных остатков и следов ископаемых птиц свидетельствуют, что уже в раннем мелу эти животные были широко распространены по всей земной суше.

Курочкин Е. Н. ПРОТОАВИС, АМБИОРТУС И ДРУГИЕ ПАЛЕОРНИТОЛОГИЧЕСКИЕ РЕДКОСТИ

Угленосные толщи играют значительную роль в генерации углеводородов в недрах Земли. В 3 трлн. т угля, заключенных только в мезозойских отложениях Западной Сибири, содержится около 30 трлн. $м^3$ газа. Возможно, эти полезные ископаемые в будущем пополнят скудеющие запасы энергетического сырья.

Голицын М. В. ГАЗ И НЕФТЬ ИЗ УГЛЯ

Алмазы, обнаруженные в метаморфических породах Северного Казахстана, резко расширяют наши представления о происхождении самого твердого из природных минералов.

Лаврова Л. Д. НОВЫЙ ТИП МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ

1 р. 20 к.
Индекс 70707