

ПРИРОДА

2000 4



ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Главный редактор академик **А.Ф.АНДРЕЕВ**

Первый заместитель главного редактора
доктор физико-математических наук **А.В.БЯЛКО**

Заместители главного редактора:
доктор физико-математических наук **А.А.КОМАР** (физика),
доктор биологических наук **А.К.СКВОРЦОВ** (биология),
доктор геолого-минералогических наук **А.А.ЯРОШЕВСКИЙ** (науки о Земле)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Доктор геолого-минералогических наук **С.В.АПЛОНОВ** (геофизика),
О.О.АСТАХОВА (редактор отдела биологии и медицины), доктор геолого-
минералогических наук **А.Т.БАЗИЛЕВСКИЙ** (планетология), доктор геолого-
минералогических наук **И.А.БАСОВ** (геология), кандидат химических наук
Л.П.БЕЛЯНОВА (редактор отдела экологии и химии), кандидат технических
наук **В.П.БОРИСОВ** (история науки), член-корреспондент РАН
В.Б.БРАГИНСКИЙ (физика), доктор физико-математических наук
А.Н.ВАСИЛЬЕВ (физика), доктор географических наук **А.А.ВЕЛИЧКО**
(география), академик **М.Е.ВИНОГРАДОВ** (биоокеанология), академик РАН
А.И.ВОРОБЬЕВ (медицина), член-корреспондент РАН **С.С.ГЕРШТЕЙН**
(физика), доктор биологических наук **А.М.ГИЛЯРОВ** (экология), академик
Г.С.ГОЛИЦЫН (физика атмосферы), кандидат физико-математических наук
Ю.К.ДЖИКАЕВ (ответственный секретарь), академик **Г.В.ДОБРОВОЛЬСКИЙ**
(почвоведение), академик **А.М.ДЫХНЕ** (физика), академик **Г.А.ЗАВАРЗИН**
(микробиология), академик **Ю.А.ЗОЛОТОВ** (химия), **М.Ю.ЗУБРЕВА** (редактор
отдела географии и океанологии), академик РАН **В.И.ИВАНОВ** (генетика),
академик **В.Т.ИВАНОВ** (биоорганическая химия), академик **В.А.КАБАНОВ**
(химия), доктор физико-математических наук **М.В.КОВАЛЬЧУК** (физика),
Г.В.КОРОТКЕВИЧ (редактор отдела научной информации), академик
Н.П.ЛАВЕРОВ (геология), член-корреспондент РАН **В.В.МАЛАХОВ** (зоология),
доктор биологических наук **К.Н.НЕСИС** (биология), член-корреспондент РАН
Л.В.РОЗЕНШТРАУХ (физиология), **П.Е.РУБИНИН** (история науки), член-
корреспондент РАН **А.Н.САХАРОВ** (история), академик **В.П.СКУЛАЧЕВ**
(биохимия), кандидат физико-математических наук **К.Л.СОРОКИНА** (редактор
отдела физики и математики), член-корреспондент РАН **Н.П.ТАРАСОВА**
(физическая химия), **Н.В.УЛЬЯНОВА** (редактор отдела геологии, геофизики и
геохимии), **Н.В.УСПЕНСКАЯ** (редактор отдела истории естествознания и
публицистики), академик **Л.Д.ФАДДЕЕВ** (математика), член-корреспондент РАН
М.А.ФЕДОНКИН (палеонтология), доктор биологических наук **С.Э.ШНОЛЬ**
(биофизика), **О.И.ШУТОВА** (редактор отдела охраны природы), член-
корреспондент РАН **А.М.ЧЕРЕПАЩУК** (астрономия, астрофизика).

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ.

Крабовидная туманность (Мессье 1) в созвездии Тельца.

См. в номере: **Сурдин В.Г.** *Второй "глаз" Очень большого телескопа.*

ESO PR Photo 40f/99

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ.

Изгибаемый девятивершинный многогранник Штеффена² в трех ракурсах. Две его вершины
"смотрят" внутрь, поэтому их видно через окошко, прорезанное в одной из граней.

См. в номере: **Сабитов И.Х.** *Вторая малодость формулы Герона, или Почему кузнечные меха
нельзя сделать в форме многогранников.*

Фото Ю.К.Джикаева



В НОМЕРЕ:

3 Несис К.Н. **Связь времен**

Когда Средиземное море высохло и что за этим последовало

Бялко А.В.

И.С.Чумаков: открытие и судьба (5)

10 Павлов А.В., Гравис Г.Ф.

Вечная мерзлота и современный климат

К счастью для северян, прогноз значительного потепления в высоких широтах пока не подтверждается. Но даже умеренный температурный тренд вызовет резкие перемены в зоне вечной мерзлоты.

Редакционная почта

18

19 Сабитов И.Х.

Вторая молодость формулы Герона, или Почему кузнечные меха нельзя сделать в форме многогранников

Пирамида, куб — вполне жесткие конструкции. Однако есть и многогранники, которые изгибаются. И что самое интересное, их объем при этом не изменяется — "они могут двигаться, но не могут дышать".

27 Горячкин И.И., Хорошилов В.Л.

Видимый свет невидимого золота

Изучение тонкодисперсного золота в горных породах возможно при помощи нестандартного для минералогов метода — нейтронно-активационной автораддиографии.

36 Сурдин В.Г.

Второй "глаз" Очень большого телескопа

Вести из экспедиций

37 Готванский В.И., Подольский С.А.

Край эдельвейсов и толсторогов

В самой высокой части огромной горной страны Станового хребта, где сохранились редкие растения, а животные совсем не боятся человека, планируется создать Токинский национальный парк.

46 Фелдоянц С.Д., Зельбстандер А.

Загадочные носоходки

55

Степан Прокофьевич Тимошенко — основатель американской школы прикладной механики

Сорокина М.Ю.

"Разбросанные по всей Америке" (55)

Борисов В.П.

"Америка мне определенно не нравилась" (57)

"Вряд ли придется возвращаться домой"

Из писем С.П.Тимошенко В.И.Вернадскому (67)

Новости науки

71

НВ. Наводнение в Санкт-Петербурге. Померанец К.С. (71). — Космические планы Западной Европы (72). — Кубоиды действительно существуют? Дж.О.Керр (72). — Ультрафиолетовое излучение и состояние озоносферы (73). — Стратосфера реагирует на солнечные пятна (74). — Несохранение четности времени. Бялко А.В. (74). — Пчелы окажут помощь... саперам? (75). — Орхидеи обманывают пчел. Марусик Ю.М. (75). — Какого самца выбирает самка краба-скрипача? Несис К.Н. (76). — Рыбы-чистильщики и их клиенты (77). — Квакши и хамелеоны под охраной. Семенов Д.В. (77). — Под свалками задерживается углерод (78). — Гватемала живет на вулкане (78). — Асимметрия электропроводности мантии (79). — Сейсмология в Интернете (79) Коротко (26). Объявления (9)

80 **Жизнь в атомном и химическом мире**

Рецензии

85 Волковыский Р.Ю.

Л.Э.Гуревич — педагог и ученый

Новые книги

88

Встречи с забытым

91 Поляков А.Н.

Пионеры лесоводства России

94 **К нашим читателям**

В конце номера

96

Post scriptum

CONTENTS:

3 **Nesis K.N.** *Links of Time***When the Mediterranean Sea Dried up and What Came after That**

Byalko A.V.

**I.S. Chumakov:
The Discovery and Fate (5)**10 **Pavlov A.V. and Gravis G.F.****The Permafrost
and the Present-Day Climate**

Fortunately for the Northerners, the prediction of any significant warming at high latitudes has so far found no confirmation. Yet even a moderate temperature trend would cause drastic changes in the permafrost zone.

Mail to the editor

18

19 **Sabitov I.Kh.****Renewed Popularity of Heron's
Formula, or Why Smith's Bellows Cannot
Be Made in the Shape of Polyhedra**

A pyramid and a cube are rigid structures. However, there are also polyhedra, which can be bent. What is most interesting, while bending, they keep their volume constant: "they can move but cannot breathe."

27 **Goryachkin N.I. and Khoroshilov V.L.****Visible Light of Invisible Gold**

Finely divided gold in rocks can be studied by neutron activation autoradiography, a method unconventional for mineralogists.

36 **Surdin V.G.****Second Eye of a Very Large Telescope***News from expeditions*37 **Gotvansky V.I. and Podolsky S.A.****The Land of Edelweiss and Mountain
Goats**

There are plans to establish the Toko National Park in the highest part of the Stanovoi Range, where some rare plants have survived and where animals are not afraid of humans.

46 **Fieldojants S.D. and Selbstander A.****Mysterious Rhinogradentia**

55

Stepan Prokofievich Timoshenko is the founder of the American school of applied mechanics.

Sorokina M.Yu.

"Scattered All over America" (55)

Borisov V.P.

**"America Was Definitely not
to My Liking" (57)****"Coming back Home Is Highly
Unlikely"**

From S.P. Timoshenko's Letters to
V.I. Vernadsky (67)

Science News

71

NB. Flood in St. Petersburg. **Pomeranets K.S.** (71). — Cosmic Plans of Western Europe (72). — Do Cuboids Really Exist? **J.O. Kerr** (72). — Ultraviolet Radiation and the State of the Ozonosphere (73). — The Stratosphere Responding to Sunspots (74). — Nonconservation of the Parity of Time. **Byalko A.V.** (74). — Will Bees Help... Mine-Removers? (75). — Orchids Deceiving Bees. **Marusik Yu.M.** (75). — What Kind of Male Is Chosen by Female Creaky Crabs? **Nesis K.N.** (76). — Cleaning Fish and Their Clients (77). — Tree Frogs and Chameleons under Protection. **Semenov D.V.** (77). — Carbon Retained under Garbage Dumps (78). — Guatemala Living on a Volcano (78). — Asymmetry in the Mantle's Electric Conductivity (79). — Seismology in the Internet (79)

Advertisements (9). In brief (26)

80 **Life in the Atomic and Cosmic World***Book Reviews*85 **Volkovsky R.Yu.**

**L.E. Gurevich:
A Teacher and a Scientist**

New Books

88

*Encounters with the Forgotten*91 **Polyakov A.N.**

Pioneers of Russian Forestry

94 **To Our Readers and Authors***End of Issue*

96

Post scriptum

Когда Средиземное море высохло и что за этим последовало

К.Н.Несис,

доктор биологических наук

Институт океанологии им.П.П.Шишова РАН

Москва

Давно известно, что одно из наиболее драматических событий последних этапов истории Земли — изоляция и полное высыхание Средиземного моря в конце миоцена, приблизительно 6 млн лет назад. По знаменитому разрезу отложений того периода у г.Мессины на о.Сицилия это событие названо Мессинским соленостным кризисом¹.

Ему предшествовало отделение Средиземного моря сначала от Индийского океана, а потом от Атлантического, с которым оно соединялось двумя проливами: Бетским — на месте северной части нынешней Испании и Рифским — на территории Марокко, южнее современного Гибралтара. Первый закрылся в самом конце тортонского века (около 7.2 млн лет назад), а второй вскоре после Бетского. Гибралтарского пролива тогда не существовало. Средиземное море превратилось в высохший солончак, на дне которого накопилась двухкилометровая толща соли. Затем впадавшие с севера реки создали на его месте солоноватый, местами пресный водоем, который итальянские геологи назвали Lago Mare — озеро-море. Оно соединялось с громадным древним солоноватоводным морем — Паратетисом, занимавшим современные

акватории Черного и Каспийского морей и окружавшие их районы от Карпат до Урала. Наконец, открылся Гибралтарский пролив, и в бывшее море хлынул водопад. Величайший в истории планеты: 800 м высоты и расход воды в сотни Ниагар! Очень быстро — в геологическом масштабе времени мгновенно — Средиземное озеро-море заполнилось морской водой и стало заливом Атлантического океана. Этот момент отмечает в геологической истории конец миоцена и начало плиоцена. Но когда именно это произошло и почему так поздно открылся Гибралтарский пролив?

В середине миоцена, 14–12 млн лет назад, началось сильное похолодание и стал формироваться ледниковый покров Восточной Антарктиды. Уровень Мирового океана существенно снизился (это понижение называют гляциоэвстатическим). По этой ли причине Гибралтарский пролив не существовал в период Мессинского соленостного кризиса или из-за тектонических процессов? И были ли эти процессы, вызвавшие возникновение пролива, глобальными или только локальными? Точного ответа на эти вопросы до недавнего времени не было, главным образом потому, что не существовало надежных датировок начала, хода и конца Мессинского соленостного кризиса.

Группа геологов и палеомагнитологов из университетов Утрехта (Голландия), Кьети (Италия), Саламанки (Испания) и

Санта-Барбары (США) детально исследовала три разреза на западе (Сорбас в Испании), в центре (Кальтаниссетта на Сицилии) и востоке (Гавдос в Греции) моря. Построена детальная стратиграфическая схема с палеомагнитными и микропалеонтологическими (по фораминиферам) датировками². Вот какие выводы исследователи сделали на основе этих материалов.

Мессинский соленостный кризис начался одновременно по всему морю 5.96 млн лет назад. Начавшее высыхать, оно еще не вполне отделилось от океана и было немного похоже на залив Кара-Богаз-Гол, только гигантских размеров. Приблизительно за 375 тыс. лет на дне высыхающего Средиземного моря отложились слои гипса и соли, которые получили название нижних эвапоритов. Рифский пролив обсох полностью 5.59 млн лет назад, и Средиземное море очень быстро (по расчетам А.С.Монина³, за какие-нибудь 1.5 тыс. лет) превратилось в серию изолированных соленых озер, уровень которых был на 1.5 км ниже первоначального уровня моря. Первые 90 тыс. лет (5.59–5.50 млн лет назад) его склоны подвергались эрозии. Реки, которые позже будут называться Эбро, Рона, По, Нил и др. (среди других — не существующая ныне река, протекав-

¹ Монин А. С. История Земли. Л., 1977; Чумаков И. С. Плиоценовые и плейстоценовые отложения долины Нила в Нубии и Верхнем Египте. М., 1967.

² Krijgsman W., Hilgen F.J., Raffi I., Sierro F.J., Wilson D.S. // Nature. 1999. V.400. №6745. P.652–655.

³ Монин А. С., Шишков Ю. А. История климата. Л., 1979.

шая через Сахару и впадавшая в залив Большой Сирт), глубоко врезали свои долины, образовывали каньоны с крутыми стенками. Потом установился равновесный режим, и на протяжении 175 тыс. лет (5.50—5.33 млн лет назад) существовало озеро-море, оставившее после себя пресноводные и солоноватоводные (как в нынешнем Балтийском море) отложения — верхние эвапориты (гипс, мергель — но не соль). Переход от эрозионного режима к режиму осадко-накопления был скорее всего вызван перехватом стока вод из бассейна Паратетиса через современные Мраморное и Эгейское моря, после чего (и вследствие чего) Эвксин (нынешнее Черное море) обмелел и отделился от Каспия. В самом конце миоцена наступило потепление, льды начали таять, уровень океана поднялся, и 5.33 млн лет назад воды Атлантического океана достигли самого низкого места в сухой тектонической трещине на месте будущего Гибралтарского пролива и стали переливаться через него. Пролив открылся, и за очень короткий срок озеро-море вновь стало морем. Начался плиоценовый период.

Примечательно, что самое большое за тот период гляциостатическое понижение уровня Мирового океана (на 50 м) произошло через 200—260 тыс. лет после начала высыхания моря, но за 160—100 тыс. лет до его полной изоляции. Стало быть, оледенение Антарктиды не могло быть причиной осушения пролива между Атлантическим океаном и Средиземным морем!

Но именно 5.95—5.8 млн лет назад одновременно изменились скорости перемещения тектонических плит Земли. Резко — скачком — ускорилось расхождение плит Тихоокеанской и Наска на юго-востоке Тихого океана, плиты Кокос и плиты гор Математиков на его востоке. Сейчас скорости расхождения этих плит (соответственно

153.6 и 105.0 мм/год) занимают первое и второе место на всей планете. Одновременно замедлилось расхождение Тихоокеанской и Антарктической, Австралийской и Антарктической плит и возросла скорость расхождения Южно-Американской и Африканской. Таким образом, причина отсоединения Средиземного моря от океана — глобальная перестройка тектоники Земли. Высыхание же и последующее затопление моря, по мнению авторов, следствие изменений климата, вызванных астрономической причиной: прецессией, циклом изменения эксцентриситета и наклона орбиты Земли с периодом около 400 тыс. лет. Минимум эксцентриситета орбиты отмечался 6.1—6.0 млн лет назад, чему соответствовал максимум инсоляции, тогда начался период жаркого и засушливого климата. Похожим климат стал через 400 тыс. лет, перед самым замыканием Средиземного моря.

Высыхание и последующее возрождение Средиземного моря сыграли большую роль в истории климата Земли и гидрологии Мирового океана. Испарившаяся из моря и выпавшая дождями вода на несколько метров повысила уровень океана и к тому же несколько распрессила его. Изъятие из моря огромной массы воды привело к изостатическому поднятию дна на сотни метров, а потом к новому его погружению. При высыхании моря климат становился суше, леса сменялись степями, затем шел обратный процесс. Отступление лесов в Африке могло быть толчком к тому, чтобы предки человека спустились с деревьев и перешли к пешему хождению. Именно в тот период отделилась ветвь, впоследствии давшая начало австралопитекам и человеку.

Почти одновременно с открытием Гибралтара (около 5.5—4.8 млн лет назад), вероятнее всего, тоже из-за вызванного потеплением таяния льдов, открылся и Берингов

пролив⁴. До этого на протяжении 100 млн лет, с середины мелового периода до конца миоцена, Берингия была сплошной огромной сушей. В то время Берингов пролив был узким, мелким и холодноводным, течение через него шло с севера на юг, из Чукотского моря в Берингово. Вскоре пролив закрылся и по-настоящему открылся вновь через 1.5—2 млн лет, в середине плиоцена, приблизительно 3.5 млн лет назад. На этот раз он был намного шире, гораздо глубже и теплее нынешнего. Через него неудержимым потоком хлынула в Арктику тихоокеанская фауна и в геологически кратчайшее время прошла через все северные моря и заселила Северную Атлантику⁵.

Смена направления течения с южного (в Берингово море) при первом открытии пролива на северное (в Чукотское море) при втором — следствие события, происшедшего очень далеко от Берингова пролива: медленного и постепенного поднятия Панамского перешейка, которое началось 4.6 млн лет назад, ускорилось 3.6 млн лет и завершилось 1.9 млн лет назад полным прекращением связи между Тихим океаном и Карибским морем. Оно привело к кардинальной перестройке климата и системы течений в Атлантическом и Северном Ледовитом океанах⁶.

Начало поднятия перешейка привело к существенному изменению циркуляции глубинных вод в Северной Атлантике. А на одной из последних стадий этого процесса, в середине плиоцена, 2.73 млн лет назад, поверхностные субарктические воды северной части Тихого океана внезапно распресси-

⁴ Гладенков А. Ю. Когда впервые открылся Берингов пролив? // Природа. 1999. №9. С.29—31.

⁵ Морская биогеография. М., 1982.

⁶ Haug G. H., Tiedemann R. // Nature. 1998. V.393. №6686. P.673—676; Burton K. W., Ling H.-F., O'Nions R. K. // Nature. 1997. V.386. №6623. P.382—385.

лись и возник скачок плотности между верхней и соленой подповерхностной водной массой⁷. В период похолодания климата опреснение верхнего слоя вод — необходимое условие для появления сезонного ледового покрова. Если скачка плотности нет, на место охлаждающейся поверхностной воды вверх поднимается теплая подповерхностная, и лед долго не образуется. Скачок плотности не позволяет теплой воде под-

⁷ Haug G.H., Sigman D.M., Tiedemann R., Pedersen T.F., Sarnthein M. // Nature. 1999. V.401. №6755. P.779—782.

няться к поверхности, и процесс осеннего выхолаживания идет гораздо быстрее. Кроме того, подповерхностные воды, которые скачок плотности не пускает к поверхности, богаты биогенными элементами: азотом, фосфором и кремнием. Без их доступа биологическая продуктивность поверхностного слоя вод понижается. Зато имеющиеся ресурсы биогенных элементов используются планктонными микроводорослями гораздо более эффективно. В результате поступление диоксида углерода из океана в атмосферу уменьшается, концентрация CO₂ в воздухе снижа-

ется, а это еще более усиливает похолодание.

Причина внезапного распределения поверхностных вод северной части Тихого океана пока не выяснена, и неизвестно, было ли само распределение причиной или же следствием начавшегося оледенения. Но именно 2.73 млн лет назад в Северном полушарии резко закончился начавшийся 4.6 млн лет назад и продолжавшийся почти 2 млн лет теплый период, возникли и стали быстро расти горные ледники, уровень океана начал падать и Берингов пролив опять замкнулся. Но это уже другая история. ■

И.С.Чумаков: открытие и судьба

А.В.Бялко,

доктор физико-математических наук
Москва

Как ясно из предыдущей статьи, Мессинский кризис Средиземного моря — это геологическое явление такого масштаба, что его значимость для современной геологии уступает, наверное, лишь движению литосферных плит. Решающий вклад в понимание природы мессиния внес геолог Иван Сергеевич Чумаков, который скончался 6 декабря прошлого года, не дожив четырех дней до 78 лет.

В середине 50-х годов он работал главным геологом на строительстве Асуанской плотины, перекрывшей Нил на расстоянии 1500 км от его устья. Для геологического обоснова-

ния проекта проводилось разведочное бурение поперек нильского ложа. При этом были обнаружены отложения, однозначно свидетельствующие о том, что несколько миллионов лет назад река протекала по каньону глубиной свыше 800 м. Анализируя происхождение этого древнего русла, Чумаков сделал крайне радикальный для того времени вывод о полном пересыхании Средиземного моря в верхнем миоцене¹.

Средиземноморью и его предшественнику, океану Тетис, кроме этой монографии, посвящены сотни последующих ра-

бот Чумакова². Они получили широкое международное признание, а сам он вполне сознавал свое место в науке. Но каким же образом первооткрыватель Мессинского кризиса не только не стал носителем академических регалий, но умудрился остаться кандидатом наук и старшим научным сотрудником кафедры литологии и морской геологии МГУ? Причины этого парадокса небезынтересны.

Когда родился Иван, его отец, Сергей Михайлович, си-

¹ Чумаков И.С. Осадочные комплексы Средиземноморской мегавпадины и условия их залегания // Земная кора и история развития Средиземного моря. М., 1982; Радиометрическая шкала для позднего кайнозоя Паратетиса // Природа. 1993. №12. С.68—75.

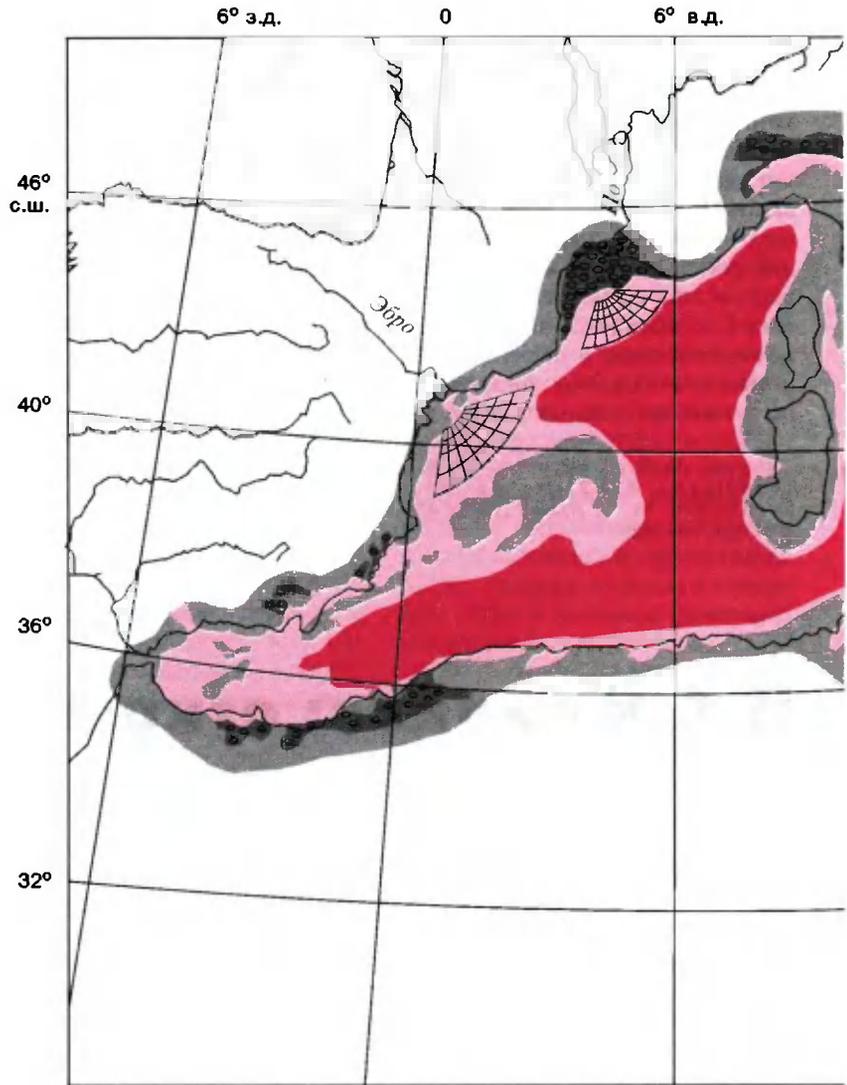
² Чумаков И.С. Плиоценовые и плейстоценовые отложения долины Нила в Нубии и Верхнем Египте. М., 1967.



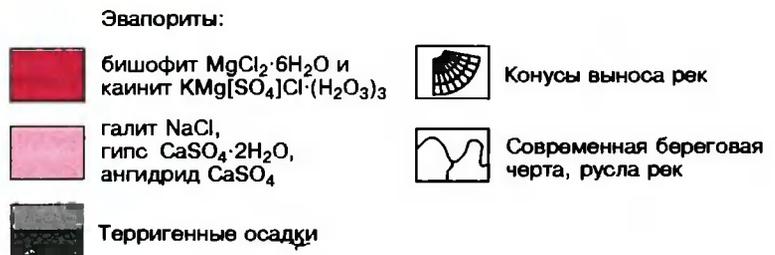
Иван Сергеевич Чумаков
(1921–1999)

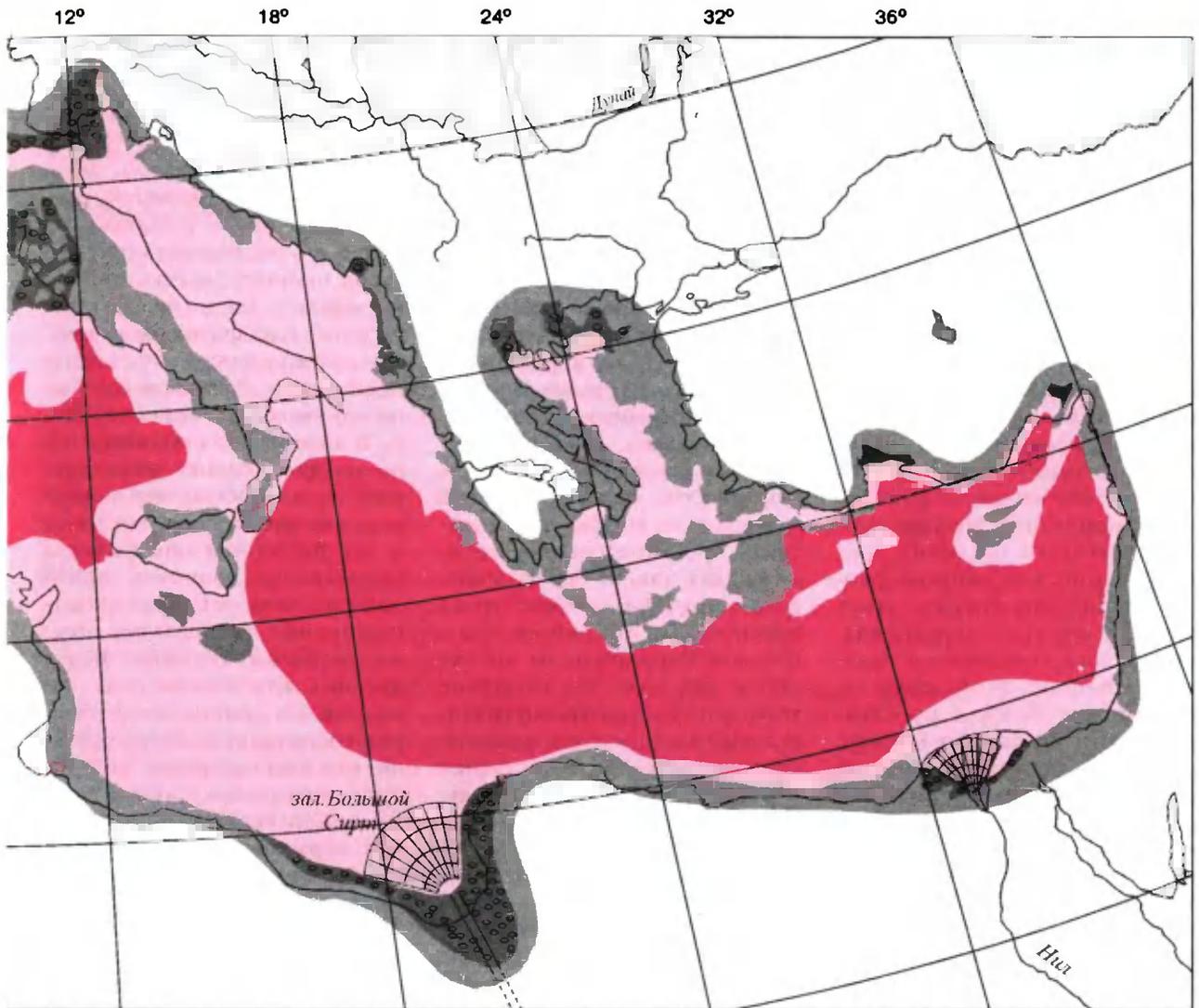
дел в Бутырской тюрьме, а апелляция на его смертный приговор рассматривалась ВЦИКом. Весной 21-го года он был осужден в Костроме лишь за то, что до революции был владельцем тамошних мукомольной и табачной фабрик. Как уж удалось его жене (кстати, дочери выдающегося русского химика Е.И.Орлова³) добиться пересмотра дела в высшей инстанции Страны Советов, сведений почти не сохранилось. Ленин на том заседании ВЦИКа по болезни отсутствовал, голоса за смерть или оправдание разделились поровну (4 на 4) и казнь заменили отсидкой. Сергей Михайлович вышел на свободу в 24-м году по амнистии, но это решение ВЦИКа стало как бы охранной грамотой всей семье от последующих репрессий (после этого его арестовали только один раз, в 1933 г.). Его воспомина-

³ Певзнер Р.Л. Академик Е.И.Орлов и его роль в отечественной науке // Природа. 1951. №1. С.86–89; "Интуитивные предвидения" Егора Ивановича Орлова // Природа. 1994. №2. С.92–105.



Осадочные отложения Средиземного моря. Карта составлена И.С.Чумаковым.





ния о дореволюционной Костроме и последнем аресте опубликованы⁴.

В 1940 г. Иван Чумаков был призван в армию, со своей артиллерийской батареей он прошел всю войну, был контужен, неоднократно награжден. На всю жизнь он сохранил те цельность духа и верность друзьям, которые ковались вместе с победой. Он вернулся с войны

⁴ Чумаков С. М. Воспоминания костромича // Волга. 1989. №11. С.157–184; №12. С.149–175.

убежденным коммунистом. И это, увы, стало причиной глубокого семейного конфликта.

Есть такое морское слово – раздрай. Его Иван Сергеевич любил повторять, рассказывая о своих выступлениях на научных дискуссиях: “Ну, устроил я им раздрай”. По сути же, раздвоенный между своим происхождением и убеждениями, всю жизнь он скрыто нес раздрай в самом себе, оставаясь при этом на редкость яркой и бескомпромиссной личностью.

Вот характерный пример: в середине 60-х годов один из университетских профессоров и давний его знакомый просит у него рекомендацию в партию – Иван Сергеевич наотрез отказывается, говоря, что сейчас он рекомендацию не дал бы и себе самому.

Свою независимость и возможность откровенно высказывать суждения невзирая на лица он ценил выше научных степеней и званий. А его гипотеза о пересыхании Средиземного

моря вызывала и вызывает определенные возражения до сих пор, несмотря на ее доказательство непосредственно подводным бурением.

Не так давно Чумаков очертил назревшую проблему несоответствия геологических и палеофлористических данных по климату Средиземноморья в мессинский период⁵. Прочитую его статью.

“В 1990 г. Г.Грегор⁶, сообщая о результатах компьютерной обработки обширных палеофлористических данных по неогену Средиземного моря, снова ставит под сомнение присутствие аридного фактора в формировании мессинского эвапоритового бассейна. До-, интра- и постмессинские флоры Греции, по мнению этого исследователя, не подтверждают кризиса солености в позднем миоцене этой области. Мессинские гипсы с прослоями глин и песков, по Грегору, содержат отпечатки листьев древесных пород, лигниты характеризуют фации тростниковых болот, а буроугольные слои — заболоченные леса и тростниковые марши... Главная причина формирования фации мессинских эвапоритов, по Грегору, заключается в переотложении более древних солей. Последнее, к нашему сожалению, находится в полном противоречии с общеизвестными фактами геологического строения и историей формирования мессинского эвапоритового бассейна”.

В конце статьи Чумаков призывает привлечь к решению сложившегося парадокса представителей других направлений науки. Не раз он обсуждал эту проблему и со мной. В этих разговорах родилась идея разгадки

этого противоречия: каким же образом одновременно и рядом могли сосуществовать и аридный (жаркий и сухой) климат, необходимый для образования мощных солевых толщ, и гумидный (теплый и влажный), при котором происходит отложение бурых углей.

Дело в том, что эвапориты формировались из насыщенного рассола на дне высыхающего моря. Его современная глубина достигает 5.1 км, а глубины в районах местонахождения мощных погребенных слоев составляют 2.5—3 км. Температура в земной тропосфере, как известно, падает с высотой и возрастает вглубь, если атмосфера простирается ниже уровня океана. Так, на берегу Мертвого моря (400 м ниже ур.м.) примерно на 10°C теплее, чем в близком Иерусалиме на высоте 600 м над ур.м. Это следствие того, что температурный градиент для сухого воздуха в адиабатической атмосфере постоянен и равен 9.7°C/км. Следовательно, на дне пересыхающего моря температура была на 25—30° выше, чем в тех местах, где сегодня находят отложения окаменевшего торфа и бурые угли.

Скорость испарения быстро возрастает с температурой, это и обеспечило отложение на дне Средиземного моря таких осадков (магниевых солей), которые не образуются даже в полностью сухом воздухе при температурах, меньших 35°C. А на бывших его берегах, превратившихся в отлогие предгорья, шли дожди и испаренные воды конденсировались на склонах. Это и обеспечивало умеренно теплый и влажный климат.

Учет большого перепада температур дает еще одно следствие. Если уж море пересохло, наполнить его при открытии проливов оказывается не так просто: поток вод по пути к раскаленному ложу дна быстро испаряется. Поэтому оценка А.С.Мониной для времени наполнения Средиземного моря, приведенная в предыду-

щей статье, с учетом этого эффекта увеличивается на порядок, до 15—20 тыс. лет. Что, впрочем, все равно мгновенно в геологическом масштабе времени.

Вообще, надо сказать, Иван Сергеевич умел увлеченно рассказывать как о событиях на войне и в экспедициях, так и о своих научных задачах, причем не только геологам. (Своим “вкусом” к геофизике я во многом обязан именно ему — брату моей матери.) Приведу еще одно его тонкое наблюдение.

В долине Нила родилась одна из древнейших цивилизаций, но интересно, что появилась она около 5 тыс. лет назад и как бы мгновенно достигла высочайшего уровня — почти сразу же началось строительство пирамид, требовавшее весьма развитой техники. Более древних археологических памятников в долине Нила обнаружить не удастся, хотя очевидно, что люди издревле должны были жить около великой реки. Иван Сергеевич рассказывал, что kern одной из скважин, пробуренных вблизи Асуана, принес с глубины около 20 м остатки очага и осколки примитивной керамики. Это означает, что уровень Нила повышался, а его осадки погребали следы предшествующей человеческой деятельности. Действительно, 15 тыс. лет назад, во время последнего оледенения, уровень океана (и Средиземного моря) был ниже современного метров на сто, так что и ложе Нила располагалось заметно ниже. Еще один древнейший центр расселения человека, по-видимому, существовал вдоль русла другой великой африканской реки, сравнимой с Нилом, если судить по ее мощному выносу осадков в Средиземное море (см. карту). Эта река исчезла под песками Сахары где-то около 12 тыс. лет назад, а с ней погибла и цивилизация, наверное, сообщавшаяся с нильской. Пока мы не знаем о ней ничего... ■

⁵ Чумаков И. С. Об одной проблеме соленаккопления в мессинском эвапоритовом бассейне. // Вестн. МГУ. Сер. 4, Геология. 1996. №6. С.40—45.

⁶ Gregor H.-J. // Proc. Symp. Paleofloristic and Paleoclimatic Changes Cretaceous and Tertiary. Prague, Aug.28. 1989. Prague, 1990. P.239—254.

Конкурс научно-популярных статей среди держателей грантов РФФИ

1. Российский фонд фундаментальных исследований объявляет конкурс научно-популярных статей по результатам исследований, поддержанных грантами РФФИ. Объем статьи: до 0.5 авт. листа (12 машинописных страниц через два интервала, 20 Кб тестового файла), до 8 иллюстраций. Среди авторов статьи должен быть руководитель гранта. Кроме рукописи представляются стандартные формы РФФИ 1, 2, а также дискета с файлами form1.txt, form2.txt и файлом статьи в текстовом или винвордовском формате. Если иллюстрации выполнены в компьютерном виде, они также должны быть приведены на дискете (формат произволен).

Статья должна включать краткую научную биографию автора(ов) с указанием номера гранта РФФИ.

В статье должен содержаться краткий обзор состояния области науки к моменту начала исследований по гранту, четко очерчены цели исследований и наглядно представлены их результаты. Статья должна быть доступна читателям с университетским образованием.

На конкурс могут быть представлены оригинальные работы или статьи, опубликованные в научно-популярных журналах в 1999, 2000 гг.

2. Грант для победителей конкурса установлен в размере 13 850 руб.

3. Премированные статьи после редактирования будут изданы в виде сборника.

4. Оценка работ проводится экспертными советами РФФИ совместно с представителями ведущих научно-популярных журналов.

5. Срок представления заявок до 15 сентября 2000 г. включительно. Объявление результатов – в декабре 2000 г.

Дорогие читатели!

Подписывайтесь на "Природу" в редакции журнала! Это обойдется вам намного дешевле. Цена льготной подписки (в редакции) на II полугодие 2000 г. – 35 руб. за номер или 210 руб. за полугодие. Иногородние могут выслать деньги за подписку почтовым переводом, добавив стоимость пересылки шести бандеролей весом 200 г.

Наш адрес: 117810 Москва ГСП-1, Мароновский пер., 26, "Природа", Александровой Ирине Филипповне (тел. 095-238-24-56).

Если вы намерены подписаться на почте, ищите сведения о "Природе" в Объединенном каталоге "Подписка-2000", т. 1. Базовая цена подписки – 90 руб. за номер или 540 руб. за полугодие.

Одобрено редакцией

Вечная мерзлота и современный климат



А.В.Павлов, Г.Ф.Гравис

Как изменяется современный климат?

На исходе XX в. проблема глобального потепления климата не перестает волновать мировую общественность. В последние три-четыре года ее особенно остро прочувствовали жители средней полосы нашей страны. Здесь жаркие и сухие летние сезоны и мягкие зимы следовали друг за другом. Особенно запомнится современникам лето 1999 г. в Подмоскowie и других регионах Центральной России, сценарий которого развивался, как у М.Е.Салтыкова-Щедрина в городе Глупове во время правления градоначальника Фердыщенко, когда "с самого вешнего Николаы, с той поры, как начала входить вода в межень, и вплоть до Ильина дня не выпало ни капли дожда... небо раскалилось... пахло гарью... травы и всходы огородных овощей поблекли..." Глуповцы видели причину возникшего несчастья в распутстве фердыщенковой любовницы Аленки. Не столь определенны специалисты, владеющие арсеналом современных математических методов и быстродействующей ком-



Александр Владимирович Павлов, доктор географических наук, главный научный сотрудник Института криосферы Земли Сибирского отделения РАН (Тюмень). Круг научных интересов — теплофизика и мелиорация мерзлых грунтов, взаимодействие климата и вечной мерзлоты. Организатор мерзлотных стационаров во многих районах Севера.

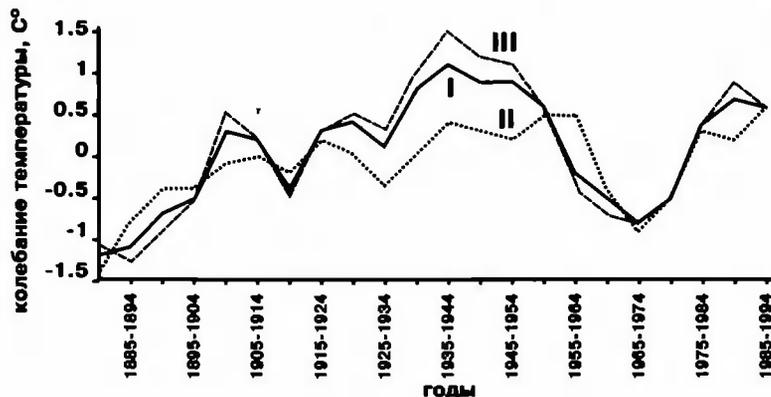


Гумар Феликсович Гравис, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник того же института. Занимается изучением и картографированием мерзлотных форм рельефа, подземными льдами, криогенными структурами в породах.

© А.В.Павлов, Г.Ф.Гравис

пьютерной техникой. Большинство ученых связывает повышение температуры приземного слоя воздуха со все возрастающими промышленными выбросами в атмосферу диоксида углерода, метана и других газов, вызывающих парниковый эффект. Причинами изменений климата считают также смещение полюсов, озоновые дыры и даже... массивированные натовские бомбардировки Ирака и Югославии. Всего несколько лет назад ряд крупных климатологов прогнозировал повышение температуры воздуха на севере Евразии в начале XXI в. на 10—15°C. При таком резком потеплении были бы неизбежны резкий подъем уровня Мирового океана, сопровождаемый затоплением обширных низменных участков, таяние наземных и подземных льдов, освобождение газов (особенно метана), захороненных в вечной мерзлоте и их дополнительное поступление в атмосферу. Не случайно в газетах последних лет даже появились предостерегающие заголовки типа «Метановая бомба в вечной мерзлоте». К счастью для северян, предсказания значительных изменений климата в высоких широтах пока не оправдываются. Но что можно ожидать в будущем?

Известно, что климат постоянно претерпевает естественные изменения. В 1625 г. сэр Фрэнсис Бэкон обратил внимание на то, что кроме суточных и сезонных вариаций метеорологических элементов существуют многолетние их циклы. В 1957 г. Дж.К.Чарлсуэрт уже выявил около 150 таких циклов различной продолжительности. В 70-х годах А.С.Монин и Ю.А.Шишков выделяли многочисленные циклы с периодом от миллиарда до десятков лет¹. Хорошо известны короткопериодные коле-



Временной ход среднегодовой (I), среднелетней (II) и среднезимней (III) температуры воздуха в Салехарде (север Западной Сибири). Приведены усредненные по 10-летним интервалам отклонения температуры от среднего значения за весь период наблюдений (ноль на вертикальной шкале).

бания метеорологических элементов: 5—6-летние, 9—14-летние и др. Все циклы, накладываясь друг на друга, создают сложный интегральный ход изменения метеорологических элементов. В последние два-три десятилетия на естественные климатические циклы все заметнее влияют колебания, связанные с антропогенным воздействием.

При изучении многолетних изменений современного климата, чтобы исключить случайные вариации, осредняют метеорологические данные за промежуток времени, чаще всего за десять лет. Анализ таких «скользящих» значений для температуры воздуха выполнен по ряду стран Северного полушария — Россия, Канада, США (Аляска), Китай, — и он показал, что в большинстве континентальных районов за период инструментальных метеорологических наблюдений в целом действительно отмечается заметное повышение температуры воздуха (до 2.4°C в Якутске за 1830—1995 гг.). Однако в районах, примыкающих к северным морям, прирост температуры воздуха за все время метеорологических из-

мерений, несмотря на ее колебания в отдельные годы, практически отсутствует. Это дает основание полагать, что в Арктике и некоторых смежных регионах из-за близости морей и слабого техногенного воздействия современные потепления-похолодания не выходят за пределы естественной вековой цикличности климата².

Можно выделить два периода с отчетливо выраженным повышением температуры воздуха на севере: с конца XIX в. по 40-е годы XX в. (этот период называют «потеплением Арктики») и с середины 60-х годов до настоящего времени. Последнее потепление пока не достигает размеров первого. Более того, в начале 90-х годов на ряде арктических метеостанций наблюдалось заметное похолодание. Однако последующие годы оказались достаточно теплыми, что явилось причиной сохранения общей тенденции потепления климата в наши дни.

Среднегодовая температура воздуха на севере России за

¹ Монин А. С., Шишков Ю. А. История климата. Л., 1979.

² Павлов А. В. // Изв. РАН. Серия геогр. 1997. №4. С.61—73.

1965—1995 гг. увеличилась на различных метеостанциях от 0.4 до 1.8°C. Тренд этих значений в указанные 30 лет составляет 0.02—0.03°C/год в условиях Европейского Севера, 0.03—0.07 — на севере Западной Сибири и 0.01—0.08°C/год — в Якутии. При этом потепление обусловлено главным образом повышением зимней температуры воздуха. Продержится ли эта тенденция или сменится другой? Этот вопрос должен интересовать нас особо — более 65% огромной территории России занято вечной мерзлотой, которая чутко реагирует на малейшие изменения климата и поэтому отнюдь не является вечной.

Эволюция мерзлоты и народное хозяйство

Скованные льдом горные породы встречаются на севере Европейской России, Урала, севере Западной Сибири (примерно до широтного отрезка Оби), на большей части Восточной Сибири, Забайкалья и Дальнего Востока. Отрицательные температуры проникают в землю до глубины 1300—1500 м, минимальные их среднегодовые значения достигают -16°C. Вечномерзлый покров литосферы в плане выглядит так: вдоль верхнего (северного) края России он почти сплошной, с

редкими дырами и прорезями в виде таликов под крупными озерами и реками, мощность мерзлоты здесь максимальна, а температура минимальна. К югу становится все больше таликовых прорех, толщина мерзлоты уменьшается, температура ее повышается, и у нижнего, южного края области вечной мерзлоты от сплошного покрова остаются одни лоскутки — острова мерзлых пород мощностью в несколько метров или десятков метров с температурой, близкой к нулю³.

Северный край страны населен крайне скудно. На огромных просторах арктических холодных пустынь, тундр, лесотундр, тайги и горных степей, на равнинах, плоскогорьях и в горах на 1 км² территории приходится менее одного человека. В Ямало-Ненецком национальном округе этот показатель равен 0.6 чел./км², в Корякии и на Чукотке — 0.1—0.2, а в Эвенкии и на Таймыре и вовсе 0.03—0.06 чел./км².

Тем не менее хозяйственное значение области вечной мерзлоты, или криолитозоны, как ее называют мерзлотоведы, трудно переоценить. Она, по сути, стратегический тыл экономики России, ее топливно-энергетическая база и валютный цех. Это — более 30% разведанных запасов всей нефти страны, около 60% природного газа, неисчислимые залежи каменного угля и торфа, большая часть гидроэнергоресурсов, запасов цветных металлов, золота и алмазов, огромные запасы древесины и пресной воды. Значительная часть природных богатств уже вовлечена в хозяйственный оборот. Создана дорогостоящая и уязвимая инфраструктура: нефтегазопромисловые объекты, магистральные нефте- и газопроводы протяжен-



Мелкие ледяные шлиры в вечномерзлых породах (керна, полученный при бурении скважины) в долине нижнего течения р.Виллюй (Центральная Якутия).

Фото Г.Ф.Грависа

³ Общее мерзлотоведение (геокриология) / Под ред. В.А.Кудрявцева. М., 1978.

ностью в тысячи километров, шахты и карьеры, гидроэлектростанции, возведены города и поселки, построены автомобильные и железные дороги, аэродромы и порты. На вечной мерзлоте стоят Магадан, Анадырь, Якутск, Мирный, Норильск, Игарка, Надым, Воркута, даже в границах Читы имеются острова вечной мерзлоты. В настоящее время хорошо разработаны методы прогнозирования последствий строительства на вечной мерзлоте. Однако труднопредсказуемые изменения климата меняют мерзлотные условия гораздо сильнее.

Быстрое оттаивание мерзлых пород может обернуться катастрофическими последствиями. Верхние горизонты вечномерзлых пород (мощностью от 2 до 50 м, а иногда и более) содержат лед в виде мелких линзочек и жилок, а также клиновидной (полигональной в плане) решетки или пластовых залежей мощностью до 30–40 м. На некоторых участках северных равнин лед составляет до 90% объема мерзлых пород. По оценкам Б.И.Втюрина, запасы подземных льдов криолитозоны России составляют 19 тыс. км³, что дает право иногда называть вечную мерзлоту подземным оледенением⁴.

Оттаивание насыщенных льдом пород из-за потепления климата будет сопровождаться просадками земной поверхности и развитием опасных мерзлотных геологических процессов — термокарста, термоэрозии, солифлюкции. Начнется массовое разрушение зданий и инженерных сооружений, построенных на мерзлом грунтовом основании. Такие последствия потепления климата могут стать разорительными для экономики.

Ключ к прогнозу мерзлотно-климатических изменений

Мерзлотоведы в состоянии количественно оценить грядущие изменения вечной мерзлоты на любой срок, но только в том случае, если достоверно известны исходные климатические параметры. Загвоздка в том, что долгосрочные метеорологические прогнозы далеки от совершенства, а их достоверность и оправдываемость оставляют желать лучшего. В итоге на основе разноречивых прогнозов климата получаются различные мерзлотные прогнозы.

Существуют сценарии значительного и умеренного потепления климата в области вечной мерзлоты в XXI в., имеется даже вариант похолодания. Так, по расчетам М.К.Гавриловой⁵, к середине грядущего столетия среднегодовая температура воздуха в Сибири и на Дальнем Востоке повысится на 4–10°C, вследствие чего вечная мерзлота будет оттаивать и со временем сохранится только в высоких горах и на равнинах севера Восточной Сибири и Дальнего Востока. О.А.Анисимов и Ф.Э.Нельсон считают, что увеличение глобальной температуры воздуха на 2°C приведет к полному оттаиванию мерзлых пород на 15–20% территории криолитозоны⁶. Однако, как мы уже отмечали, метеорологические данные за последние 10–15 лет показывают, что экстремальные сценарии изменения климата не оправдываются, потепление идет, но более скромными темпами.

Прогнозы умеренного потепления климата в значительной мере основываются на анализе современных

трендов метеорологических характеристик и их продлении на ближайшее будущее. Чем продолжительнее ряды и больше число пунктов наблюдений, тем больше уверенности в правильности прогноза. Если тенденция к потеплению сохранится в первой половине XXI в., можно ожидать повышения среднегодовой температуры воздуха к 2020 г. на 0,9–1,5°C и к 2050 г. на 2,5–3°C. Атмосферные осадки к этому времени возрастут на 5 и 10–15% соответственно.

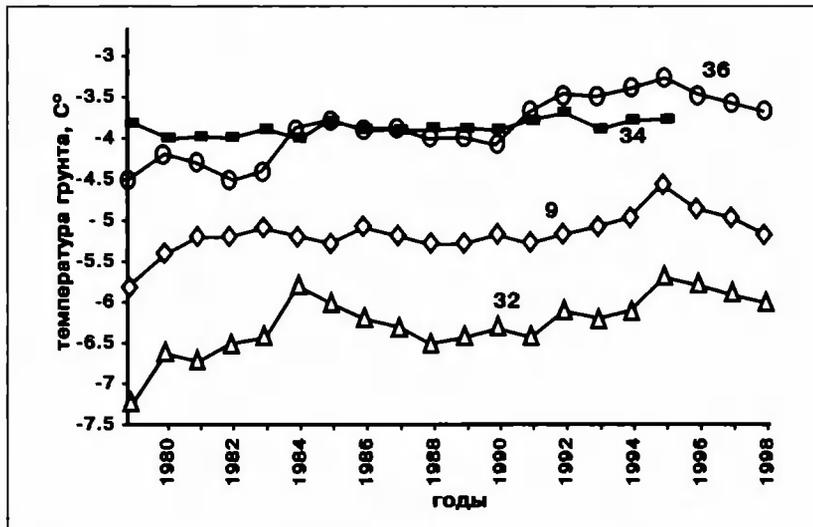
Продолжительность метеорологических измерений в нашей стране превышает 180 лет. До недавнего времени сеть метеостанций в России, и в частности на ее севере, была достаточно разветвленной. Однако в 90-х годах она резко сократилась, что неизбежно ведет к ухудшению достоверности климатических прогнозов.

При обосновании сценариев умеренного потепления климата помимо данных метеостанций используют результаты наблюдений на геокриологических (мерзлотных) стационарах, где кроме метеорологических элементов измеряют характеристики теплового режима грунтов, и в частности глубину сезонного промерзания и протаивания, исследуют мерзлотные процессы. Такое сочетание повышает достоверность прогнозов, хотя в России, а тем более в зарубежных странах, продолжительность наблюдений на подобных стационарах — опорных пунктах мониторинга криолитозоны — намного меньше, чем на метеостанциях, и за редким исключением не превышает 25–30 лет. Стационарные геокриологические наблюдения проводились в наибольшем объеме на северо-востоке Европы, севере Западной Сибири, в Центральной Якутии и на юге Сибири. К началу 90-х годов

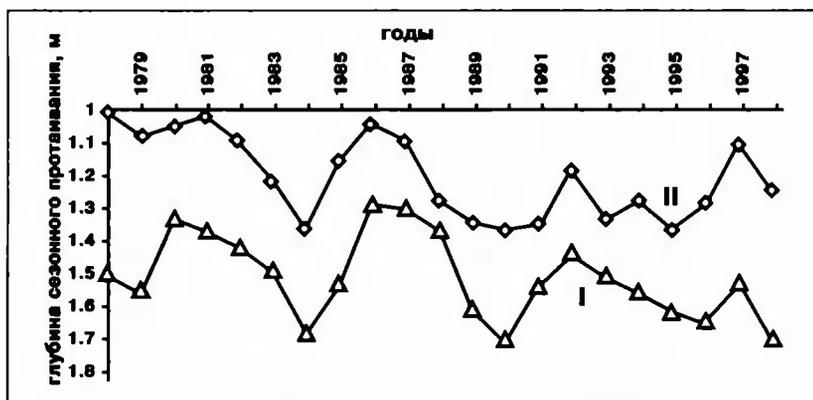
⁵ Gavrilova M.K. // Permafrost and Pariglacial processes. 1993. №2 (4). P.99–111.

⁶ Анисимов О.А., Нельсон Ф.Э. // Криосфера Земли. 1998. №2. С.53–57.

⁴ Втюрин Б.И. Подземные льды СССР. М., 1975.



Вариации среднегодовой температуры вечномерзлых грунтов на глубине 10 м на стационаре Марре-Сале (Западный Ямал) за 1979–1998 гг. Экспериментальные площадки: 9 – западный склон, 32 – полигональная тундра, 34 – полоса стока, 36 – днище спущенного озера.



Вариации глубины максимального сезонного протаивания грунтов на стационаре Марре-Сале за 1978–1998 гг. Экспериментальные площадки: I – полигональная тундра, II – песчаный раздув на участке полигональной тундры.

сеть наблюдений за состоянием криолитозоны России насчитывала более 30 стационаров постоянного действия. К сожалению, в последние годы и их число резко сократилось.

Анализ полученных на таких стационарах данных свидетельствует о широко распространенной деградации верхних горизонтов криолитозоны (повышении температуры вечномерзлых пород, уменьшении их площади, возрастании глубины сезонного протаивания) за последние 15–25 лет. При этом повышение температуры мерзлоты может быть вызвано как потеплением климата, так и возрастанием снегоотложений.

В качестве наглядного примера происходящих термических изменений в криолитозоне воспользуемся данными наблюдений стационара Марре-Сале (Западный Ямал), расположенного на участке одноименной метеостанции. Здесь почти на всех экспериментальных площадках температура мерзлых пород на глубине 10 м за 1979–1998 гг. повысилась на 0.1–1°C. Только в полосе поверхностного стока воды температура пород за это время практически не изменилась. Геотермические исследования в Сибири показали, что современное потепление пород достигает глубин в десятки метров. Прогнозируемые нами региональные повышения температуры поверхности пород не превысят здесь 1.4°C к 2020 (2025) и 2.3°C к 2050 г. (см. табл.).

По наблюдениям на том же стационаре, глубина сезонного протаивания в целом слабо возрастала за 1978–1998 гг., несмотря на ее большие междугодовые вариации. К 2020 г. она увеличится на Севере всего на 15–20 см в песках, а в супесях, глинах и торфах еще меньше.

Таблица

Ожидаемое повышение температуры поверхности грунтов в XXI в. на территории криолитозоны России, °С

Регион	2020 (2025) г.			2050 г.		
	Тундра	Лесотундра	Тайга	Тундра	Лесотундра	Тайга
Европейский Север	0.8	—	—	1.5	—	—
Западная Сибирь	1.1	1.0	0.9	2.0	1.8	1.7
Якутия	1.4	1.0	0.8	2.3	1.8	1.6
Северо-Восток	—	0.6	0.5	—	1.1	0.9
среднее	1.1	0.9	0.7	1.9	1.6	1.4

Вечная мерзлота в 2025 и 2050 годах

Если оправдаются приведенные выше прогнозные оценки умеренного (а тем более резкого) потепления климата в северных районах, то к середине нового столетия облик вечной мерзлоты в России существенно изменится.

Сопоставление современных характеристик вечной мерзлоты с прогнозными проводилось путем составления последовательного ряда мелкомасштабных карт криолитозоны. Помимо сугубо мерзлотных характеристик (распространения вечномерзлых пород, их мощности, температуры, льдистости, глубины сезонного протаивания) для оценки возможных изменений вечной мерзлоты приходится учитывать состав горных пород, а также рельеф и весь комплекс ландшафтных условий.

Эта работа была начата во ВНИИ гидрогеологии и инженерной геологии и продолжена в Институте криосферы Земли СО РАН под руководством Е.С.Мельникова. На основе ландшафтной карты России была составлена карта криогенных геологических процессов⁷, преобразованная в прогнозную. С использованием последней построена картографическая схема изменений вечной мерзлоты.

На схеме, приведенной в статье, показаны четыре зоны. Первую образуют территории, не входящие в состав современной области вечной мерзлоты. Здесь имеет место только ежегодное локальное или повсеместное сезонное промерзание почв до глубин не более 4–5 м. К середине



Классический ледовый разрез Мамонтова гора на левобережье р. Алдан (Центральная Якутия).

Здесь и далее фото А.В.Павлова

XXI в. глубина и площади распространения сезонного промерзания сократятся.

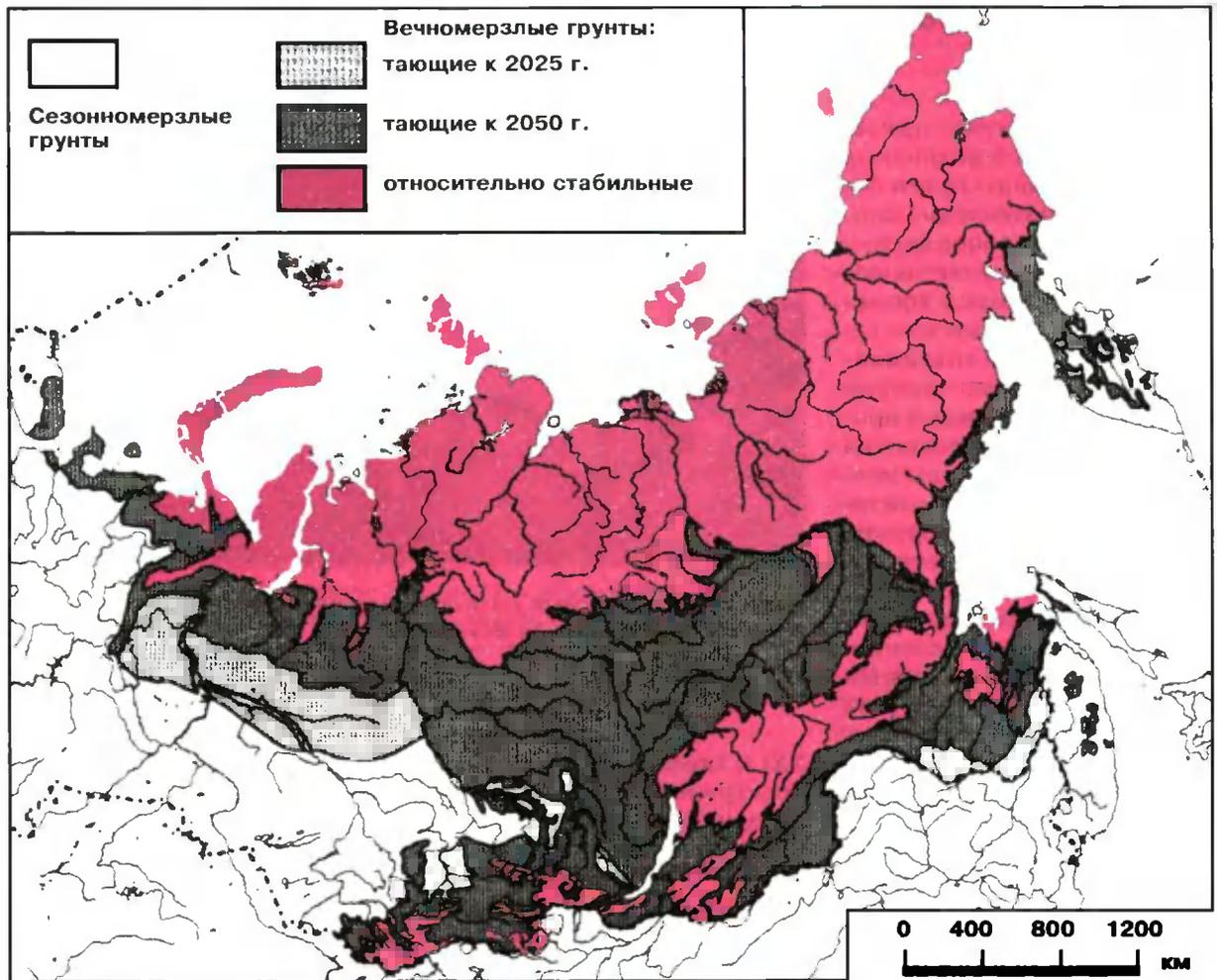
Три остальные зоны охватывают современную область вечной мерзлоты и отличаются друг от друга разной степенью и сроками начала повсеместного глубокого оттаивания вечномерзлых пород сверху. За его начало принят момент, когда слой грунтов, оттаявший за лето, следующей зимой промерзает не полностью и кровля многолетнемерзлых пород начинает прогрессивно понижаться. Временной интервал, за который такие породы оттают полностью, зависит не только от потепления климата, но и от состава и льдистости пород, их температуры и мощности, от притока тепла снизу — из глубин Земли. Это таяние может длиться годами, десятилетиями, сотнями и тысячами лет.

Вторая с юга зона — это территории, на которых вечная мерзлота к 2020 г. будет повсеместно оттаивать. Она сформируется только в пределах Западно-Сибирской низменности. В настоящее время

здесь встречаются только редкие острова — линзы вечномерзлых пород с температурой выше -0.5°C , приуроченные к торфяникам. После их оттаивания южная граница мерзлоты отступит к северу на 300 км и более, таяние вспученных льдом торфяников будет сопровождаться интенсивными просадками поверхности, но серьезных изменений в природную обстановку и деятельность человека это не внесет: вечномерзлые торфяники встречаются редко и в хозяйственное освоение практически не вовлечены.

Третья зона объединяет две подзоны, границы между которыми весьма прихотливы и на нашей схеме не показаны. В первую (с юга) входят территории, где вечномерзлые породы начнут таять повсеместно только к 2050 г. Здесь в настоящее время встречаются острова и небольшие массивы вечномерзлых пород, развитые в самых неудобных для человека урочищах — в торфяниках, на сильно замшелых участках тайги, в затененных узких и глубоких долинах, на

⁷ Мельников Е.С., Гравис Г.Ф., Конченко Л.А., Молчанова Л.С. Карта криогенных геологических процессов криолитозоны России (масштаб 1:7 500 000) // Итоги фундаментальных исследований Земли в Арктике и Субарктике. Новосибирск, 1997. С.279–286.



Ожидаемая эволюция криолитозоны в России при умеренном прогнозе потепления климата к 2020 и 2050 гг.

горных склонах северной экспозиции. Температура этих пород не ниже -1°C . Ширина подзоны на севере европейской части России достигает 50–100 км, в Западной Сибири — 100–250 км, а на юге Среднесибирского плоскогорья — даже 600 км. В горах сокращение площадей, занятых вечномерзлыми породами, будет минимальным: к 2050 г. повсеместно таять они будут только на Енисейском кряже и в небольшой части гор Южной Сибири и Юго-Восточного Забайкалья.

Во вторую подзону включены территории, где к 2050 г. глубокое оттаивание вечно-

мерзлых пород будет происходить не везде. Современная температура вечномерзлых пород здесь меняется в основном в пределах от -1 до -5°C . Это преимущественно пески и скальные породы. Ширина подзоны локального оттаивания вечномерзлых пород на севере европейской части России достигнет 30–100 км, на севере Западной Сибири — 40–200 км, в Восточной Сибири — 240–820 км. Подзона включает в себя также часть низких гор Южной Сибири, Забайкалья, юга Дальнего Востока и Камчатки до 60 – 62°с.ш .

В четвертую зону относительно стабильных вечно-

мерзлых пород входит северная часть криолитозоны с самыми низкими температурами пород — от -3 до -16°C . Мощность их измеряется сотнями метров. При прогнозных масштабах потепления климата глубокое протаивание вечномерзлых пород на этой территории исключается. Незначительно увеличится лишь площадь таликов.

Таким образом, к середине XXI в. (всего за 50 лет) температура поверхности грунтов в пределах криолитозоны России может повыситься на $0,9$ – $2,3^{\circ}\text{C}$, а глубина сезонного протаивания — на 15 – 33% . Из-за этого южная граница

мерзлоты на равнинах и плоскогорьях отступит к северу и северо-востоку на 50–600 км. Если к зоне и подзоне повсеместного оттаивания вечномерзлых пород добавить подзону локального их таяния, то в целом мы получим полосу деградации вечной мерзлоты, ширина которой на севере европейской части России достигает 50–200 км, в Западной Сибири — 800 км и в Восточной Сибири — 1500 км. Сильно сократятся, но полностью не исчезнут острова и массивы вечномерзлых пород в горах Забайкалья, на юге Дальнего Востока и на Камчатке.

Ожидаемое к середине XXI в. потепление климата и криолитозоны сопоставимо с потеплением в период голоценового климатического оптимума 8–4.6 тыс. лет назад. На территориях, где вечная мерзлота сохранялась, возрастала глубина сезонного протаивания. Анализ строения верхнего горизонта вечномерзлых пород позволяет установить глубину сезонного протаивания в то время. В Арктических и высокогорных районах она оказалась на 20–40% больше современной, т.е. сопоставимой с прогнозируемой величиной прироста мощности сезонноталого слоя к 2050 г. Такое совпадение лишнее раз подтверждает реальность предложенного сценария.

Негативные последствия потепления климата, видимо, будут усугубляться одновременным увеличением количества осадков. Хотя тенденции изменения прослеживаются с трудом, отмечено, что за последнее тысячелетие в периоды потепления пути движения циклонов с запада на восток смещались к северу, что вызывало увеличение осадков в высоких широтах и уменьшение их в низких⁸. Многочисленные



Полигонально-валиковый рельеф свидетельствует о наличии залегающих жильных льдов в горных породах. Полуостров Ямал.



Ледовый комплекс вечной мерзлоты. Хребет Кулар (Северная Якутия).

палеогеографические исследования также показывают, что в течение плейстоцена и голоцена потепления в высоких широтах сопровождалось увеличением влажности климата. Можно предположить, что на большей части криолитозоны России ожидаемое потепление XXI в. будет также сопровождаться увеличением количества осадков. Это общее предположение подтвержда-

ется результатами анализа современных трендов метеорологических характеристик, которые свидетельствуют о 10–15-процентном увеличении атмосферных осадков к 2050 г.

Зимние осадки будут способствовать повышению температуры вечномерзлых пород, а летние — приводить к их разрушению из-за усиления термокарста, термоэро-

⁸Ле Руа Л.Э... История климата с 1000 года. Л. 1971.

зии, термоабразии, а также солифлюкционно-оползневых процессов. Наиболее ярко они проявятся на аккумулятивных равнинах, сложенных высокольдистыми породами, т.е. там, где вечномёрзлые толщи из-за своих низких температур и большой мощности останутся в целом стабильными. При разрушении верхнего льдистого горизонта поверхность деформируется существенно и, если своевременно не будут приняты защитные меры, нависнет угроза над инженерными сооружениями.

* * *

Итак, последствия потепления климата будут отмечаться на большей части территории криолитозоны России. К тому же возрастет антропогенное воздействие на мерзлоту. В результате усилится влагооборот грунтовых вод, сместятся границы ландшафтных зон, нарушится устойчивость по-

верхности, могут произойти массовые аварии на геотехнических комплексах. Необходима система защитных мероприятий, учитывающая климатические изменения и масштабы деградации криолитозоны. Еще в 80-х годах начались интенсивные разработки системы строительно-профилактических методов и инженерных мер, чтобы защитить геотехнические системы Севера от разрушения.

Традиционные способы обеспечения надежности строительства за счет усиления конструкций фундаментов и увеличения их заглубления в значительной мере себя исчерпали, особенно на высокотемпературных льдистых пластичных грунтах. При потеплении окажутся недостаточно эффективными и слишком дорогостоящими вентилируемые подполья.

Обеспечить устойчивость сооружений в условиях деградации криолитозоны можно,

искусственно охлаждая грунтовое основание, предварительно глубоко оттаивая мерзлые грунты, используя принципиально новые конструкции фундаментов⁹.

Назрела необходимость в разработке научных основ и практических способов, чтобы целенаправленно регулировать и контролировать мерзлотный режим грунтовых оснований. Нуждаются в пересмотре нормативы для проектирования фундаментов новых капитальных зданий и сооружений, необходимы поиски новых подходов к обеспечению их устойчивости.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Гранты 97-05-65600, 98-05-64633 и 99-05-99425. ■

⁹ Мельников П.И., Каменский Р.М., Павлов А.В. // Вестн. РАН. 1993. С.1090—1095.

16 января 2000

С глубоким прискорбием извещаю, что на странице 51 декабрьской, №12, книжки "Природы" я увидел опечатку, о которой приличий ради следовало бы известить читателей в одном из последующих выпусков журнала. В латинском тексте надписи на метеорите Энсисгейм вместо заключительного слова *salis* следует писать, исходя из смысла, *satis*, что и означает "достаточно". Может быть М.А.Назаров, автор статьи "Метеоритная коллекция...", поможет установить момент "вкрадывания" ошибки, представляющее само по себе исследовательский, правда гуманитарный, а не естественнонаучный интерес? Ведь перепутать латинские *l* (эль) и *l* (тэ) проще простого в рукописном тексте, на старой гравировке по камню или на фотокопии этой надписи!

С Новым годом!

Искренне Ваш, несмотря на предположительные различия в жизненных установках

А.И.Цюрупа,

кандидат геолого-минералогических наук
Петропавловск-Камчатский



Вторая молодость формулы Герона, или Почему кузнечные меха нельзя сделать в форме многогранников

И.Х.Сабитов

Со студенческих лет мне запомнилось образное описание процесса познания мира, которое я прочитал у Г.Спенсера, любимого философа героев-интеллектуалов Джека Лондона. Спенсер сравнивал процесс получения новых знаний с расширяющейся сферой: внутренность сферы заполнена уже известными нам знаниями, точки вне сферы соответствуют тем свойствам окружающего нас мира, о которых мы пока не догадываемся, и поэтому мы не можем даже ставить о них вопросы, а вопросы можно задавать лишь в точках сферы, т.е. на границе знания и незнания. История проблемы “кузнечных мехов”, о которой мы хотим рассказать, — очень хорошая иллюстрация этой мысли Спенсера.



Идрис Хакович Сабитов, доктор физико-математических наук, доцент кафедры математического анализа механико-математического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — дифференциальная и дискретная геометрия, в том числе проблема изгиба и изометрических погружений многогранников. Лауреат международного конкурса им.Н.И.Лобачевского (1997).

С чего все начиналось

Проблема “кузнечных мехов” появилась в теории изгибаний многогранников, и мы начнем с изложения основных понятий этой теории.

Изгибанием многогранника называется такая непрерывная его деформация, при

которой изменяется хотя бы один из двугранных углов при ребрах, но грани остаются конгруэнтными (равными) исходным. Иначе говоря, в теории изгибаний грани многогранника рассматриваются как абсолютно твердые пластинки, способные вращаться вокруг ребер и вершин. На

“инженерном” языке это означает, что вдоль ребер грани имеют шарнирные связи, а вершины многогранника считаются сферическими шарнирами. Если многогранник допускает деформацию такого вида, он называется *изгибаемым*, в противном случае — *неизгибаемым*.

© И.Х.Сабитов

Простейший пример изгибания многогранника — открытие или закрытие книги с твердой обложкой (многогранник может иметь край). Примеры посложнее: трехгранный угол неизгибаем, а n -гранный угол при $n > 3$ изгибаем и имеет $n-3$ степени свободы деформаций. Если многогранник еще сложнее, и особенно если он замкнутый, т.е. не имеет края, исследование его изгибаемости — уже сложная математическая задача, так как изгибания всех многогранных углов при вершинах должны быть согласованы между собой. Первый значительный результат в теории изгибаний многогранников получил О.Коши, чья знаменитая теорема (1813) утверждает, что *любой выпуклый многогранник неизгибаем*. Вопрос о том, бывают ли замкнутые многогранники изгибаемыми, долгое время оставался открытым. Лишь в 1897 г. бельгийский инженер Р.Брикар доказал, что существуют изгибаемые октаэдр (схему строения октаэдра см. на рис.1), и дал полную их классификацию. Оказалось, что есть три типа изгибаемых октаэдров. Дадим для примера описание октаэдров первого типа.

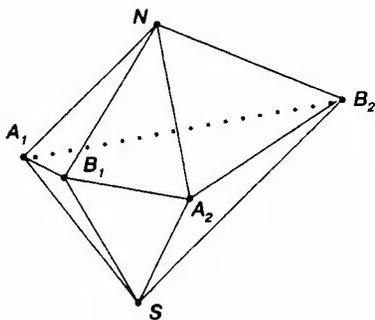


Рис.1. Модель выпуклого октаэдра.

Пусть четырехугольник $L: ABCD$ (он может быть и прост-ранственным) имеет попарно равные противоположные стороны $AB=CD$ и $BC=DA$. Тогда легко показать, что у него всегда есть ось симметрии p , проходящая через середины диагоналей AC и BD (если четырехугольник L плоский, то он — параллелограмм с осью симметрии p , проходящей через точку пересечения диагоналей перпендикулярно его плоскости). Возьмем в пространстве произвольную точку N , не лежащую на оси симметрии, и, соединив ее со всеми вершинами L , получим четырехгранный угол $P: NABCD$, который, как было сказано, изгибаем. Пусть N' — точка, симметричная N относительно прямой p . Построим четырехгранный угол $P': N'ABCD$ и склеим P и P' вдоль общего края L . Новый замкнутый многогранник $NABCDN'$ будет иметь такой же закон соединения граней, как и октаэдр на рис.1. При изгибании части P часть P' изгибается так, что точка N' все время перемещается симметрично N относительно переменной оси симметрии четырехугольника L , т.е. обе части изгибаются согласованно. Итак, октаэдр $NABCDN'$ (рис.2) оказывается изгибаемым.

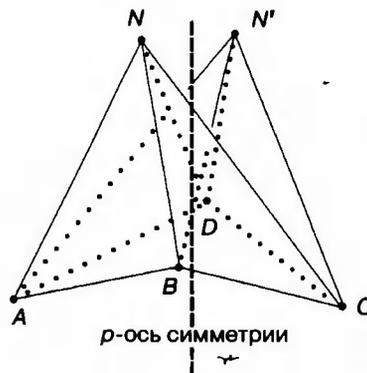


Рис.2. Изгибаемый октаэдр Брикара, имеющий самопересечения.

Легко заметить, что построенный многогранник имеет самопересечения; это же верно и для остальных типов брикаровских октаэдров. И хотя после Брикара исследования изгибаемых октаэдров разными другими методами продолжались, но главного результата — примера изгибаемого и вложенного в пространство (т.е. не имеющего самопересечений) многогранника все не было и не было. Более того, в 1974 г. американский математик Г.Глак доказал, что в некотором смысле почти все многогранники неизгибаемы, и поэтому поиск вложенного изгибаемого многогранника считался почти безнадежным. Тем не менее в 1977 г. Р.Коннелли¹ из Корнельского университета (США) сумел построить такой многогранник — весьма сложную конструкцию с 18 вершинами².

Вскоре после Коннелли немецкий математик К.Штефен предложил еще один многогранник, всего с 9 вершинами, который до сих пор остается самым простым примером вложенного изгибаемого многогранника. Идея его построения следующая. Удалив из брикаровского октаэдра 1-го типа две грани ABN' и BCN' , получим изгибаемый многогранник Q_1 без самопересечений, но с краем $ABCN'$ (расстояние BN' постоянно как длина ребра BN' в исходном октаэдре). Берем точно такой же экземпляр многогранника $Q_2=Q_1$ и склеиваем его по ребрам AB и AN' с Q_1 . Изгибая Q_1 и Q_2 , разводим вер-

¹ Connolly R. // Publications Mathematiques, I.H.E.S. 1978. V.47. P.333—338.

² Каждый исследователь знает, как психологически важно быть уверенным, что поиск истины ведется в нужном направлении. Насколько неопределенной была возможность нахождения изгибаемого многогранника, видно хотя бы из того, что всего за два-три года до построения своего примера Коннелли серьезно искал подходы к доказательству неизгибаемости всех вложенных многогранников.

шины $C \in Q_1$ и $C \in Q_2$ (вращая их вокруг прямой BN'). Зафиксируем новые положения этих вершин $C_1 \in Q_1$ и $C_2 \in Q_2$ и переобозначим так же новые положения двух других вершин, подвергшихся перемещениям, — N_1, N_2 и D_1, D_2 . Оказывается, новый многогранник с 4-угольным краем C_1BC_2N' можно изгибать так, что расстояние C_1C_2 будет оставаться постоянным! Поэтому его край можно закрыть крышкой, состоящей из треугольников C_1BC_2 и $C_2N'C_1$. Однако полученный многогранник будет вложенным не всегда, а только при определенных сочетаниях длин сторон. На рис.3 дана развертка, из которой можно склеить вложенный многогранник Штефена из листа формата А4.

Отметим, что примеру Штефена уже более 20 лет, но вопрос о существовании изгибаемого многогранника без самопересечений с меньшим (чем девять) числом вершин пока остается открытым.

Почти сразу же после построения изгибаемых многогранников обнаружилось, что все они обладают удивительным свойством: *в ходе изгибания их объем остается неизменным*. Неизвестно, кто заметил это свойство первым. В августе 1978 г. на Международном математическом конгрессе в Хельсинки Коннелли высказал гипотезу (со ссылкой на Д.Сулливана) о том, что оно является общим для всех изгибаемых многогранников. Ее справедливость означала бы, что математически идеальные изгибаемые многогранники с отверстием на одной или нескольких гранях нельзя использовать как кузнечные меха. Действительно, по известному закону Бойля — Мариотта $pv = \text{const}$ (p — давление, v — объем) получается, что при изгибании многогранника давление внутри него изменяться не должно, поэтому воздух ни входит, ни

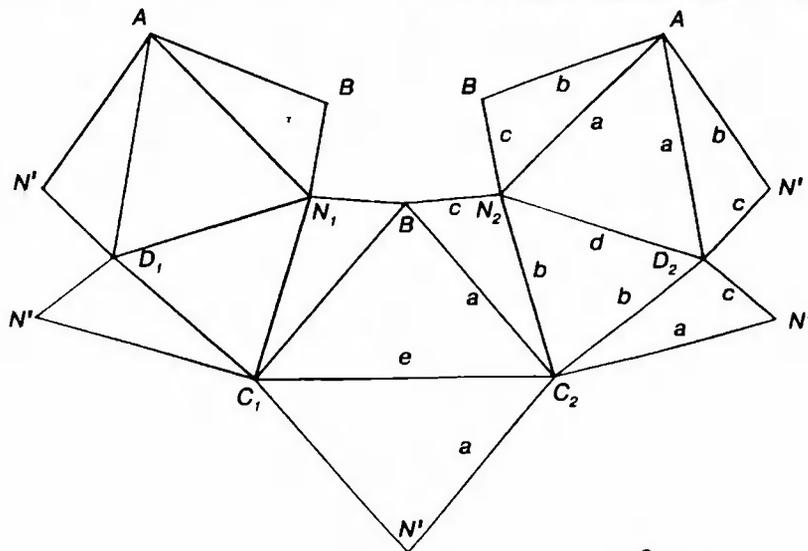


Рис.3. Развертка многогранника Штефена.

$a=9$ см
 $b=7.5$ см
 $c=3.75$ см
 $d=8.25$ см
 $e=11.75$ см

выходить из него не будет³. Вот почему Коннелли и назвал проблему постоянства объема изгибаемого многогранника гипотезой “кузнечных мехов” (“the bellows conjecture”).

Попытки решения проблемы

Итак, пока не было известно ни одного примера изгибаемых многогранников, никто не задумывался над таким гипотетически возможным их свойством (вот оно, мудрое наблюдение старика Спенсера!). Но очень скоро после своего появления гипотеза “кузнечных мехов” стала

считаться одной из самых красивых и притягательных задач, и многие “изгибальщики” тайно или явно искали подходы к ее решению. Главная трудность — не было никакой уверенности в справедливости гипотезы. По-видимому, многие склонялись к мысли, что она неверна, и искали контрпримеры. При этом были и курьезные случаи. Рассказывают, что на Западе на одной из научных выставок как опровержение этой гипотезы демонстрировали модель “изгибаемого” многогранника, из которой при ее деформации со свистом выходил воздух, так что на ней можно было играть, как на волынке. Но позже выяснилось, что в математическом смысле модель неизгибаема, а ее “изгибания” — следствие растяжения материала. Из серьезных попыток можно упомянуть две работы новосибирского математика В.А.Александрова. В первой из

³ Любопытно отметить, что Сулливан проводил опыт именно такого рода: он наполнял внутренность изгибаемого многогранника табачным дымом и убеждался, что при изгибании многогранника дым из него не выходит; позже одним популяризатором науки это наблюдение образно было сформулировано так: *многогранники могут двигаться, но не могут дышать*.

них⁴ он вычислял скорость изменения (т.е. производную) объема многогранника в начальный момент деформации, представляющей линейную аппроксимацию (аналог дифференциала) изгибания. Если бы скорость равнялась нулю, мы имели бы доказательство гипотезы, так как любой момент изгибания можно рассматривать как начальный, и функция (объем), имеющая нулевую производную в любой точке, будет, конечно, постоянной. Увы, оказалось, что в общем случае это не так (Александров привел соответствующий пример), и поэтому дальнейшие поиски положительного решения проблемы “кузнечных мехов” в рамках этой идеи потребовали бы привлечения производных высших порядков от деформации изгибания. В основе второй работы Александрова⁵ лежали следующие соображения: все известные примеры изгибаемых многогранников так или иначе основаны на использовании октаэдров Брикара, и может быть, их объем постоянен именно в силу этой причины? Тогда контрпример надо искать среди других многогранников, никак не связанных с октаэдрами Брикара. Александров построил изгибаемые многогранники, гомеоморфные тору, и вычислил их объемы. Оказалось, все они остаются постоянными в ходе изгибания! Опровержения гипотезы не получилось, но появились новые примеры изгибаемых многогранников.

Многогранники и их обобщенные объемы

Для дальнейшего нам понадо-

⁴ Александров В. А. // Сиб. мат. журн. 1989. Т.30. №5. С.16—24.

⁵ Он же // Там же. 1995. Т.36. №6. С.1215—1224.

добятся некоторые новые понятия и определения. Прежде всего определим, что такое многогранник с данным комбинаторным строением. Пусть есть некоторое множество плоских треугольников (как в детском наборе типа “Сделай сам”) и указано, какие стороны каких треугольников склеиваются (или, как говорят математики, *отождествляются*) друг с другом. При склеивании соблюдаются следующие правила: 1) отождествление проходит по всей стороне, так что склеиваются стороны равной длины, и при этом указываются также отождествляемые вершины (т.е. склеивания стороны AB с равной ей стороной CD , при которых A склеивается с C , B с D или, наоборот, A с D , B с C — это два разных способа отождествления); 2) каждая сторона является общим ребром только двух треугольников, и два треугольника могут приклеиваться только по одной стороне; 3) треугольники, которые после склеивания имеют одну общую вершину (обозначим ее A), можно перенумеровать в некотором порядке так, что каждый следующий имеет с предыдущим общую сторону, исходящую из A . Последний же имеет общую сторону с предпоследним и первым (т.е. треугольники с общей вершиной можно схематически расположить как секторы круга, образованные несколькими радиусами, выходящими из центра; заметьте, что число радиусов должно быть не меньше трех). Множество треугольников с указанным законом отождествления их сторон называется *разверткой*, а закон отождествления сторон называется *комбинаторным строением* развертки. Таким образом, комбинаторное строение развертки можно задать списком всех треугольников и всех отождествляемых вершин и сторон. Для краткости будем

обозначать этот список одной буквой K и будем говорить, что развертка имеет комбинаторное строение K .

Многогранник с комбинаторным строением K получается отображением развертки с комбинаторным строением K в трехмерное пространство R^3 . Для этого достаточно отобразить вершины развертки в R^3 , следя за тем, чтобы отождествляемые вершины перешли в одну точку пространства (это и есть операция отождествления на практике). Затем, зная из списка K , какие вершины соединены отождествляемыми сторонами, мы соединим в пространстве образы соответствующих вершин отрезками и получим *ребра* многогранника (вот отождествляемые стороны и *склеились* вместе в одно ребро!). Далее, на основе того же списка K по вершинам и сторонам можем построить грани многогранника. Рассматриваемое отображение будем условно обозначать как $P: K \rightarrow R^3$ и его образ $P(K)$ назовем многогранником с комбинаторным строением K . Заметим, что по внешнему виду такая конструкция может сильно отличаться от привычных нам форм многогранников. Сравните, например, октаэдр на рис.1 и 2: они оба имеют одно и то же комбинаторное строение, поэтому обычный октаэдр на рис.1 можно было бы называть комбинаторной моделью октаэдра.

Подчеркнем, что в $P(K)$ могут быть самопересечения, некоторые грани могут вырождаться в отрезки (если случайно все три вершины грани оказались на одной прямой), а ребра — в точки и т.д. С первого взгляда неясно, что же называть объемом такого сложного объекта. Поэтому сначала надо обобщить понятие объема. Пусть комбинаторное строение развертки таково, что она может быть *ориентирована* — границу

каждого плоского треугольника можно обойти так, чтобы общие ребра двух соседних (т.е. склеенных вдоль этого ребра) треугольников проходились бы в противоположных направлениях. Про такие треугольники говорят, что они ориентированы *согласованно*. Ориентацию граней многогранника $P(K)$ определяем, сохраняя при отображении $P: K \rightarrow R^3$ правила обхода треугольников развертки. Теперь вспомним определение объема ориентированного (с заданным обходом основания) тетраэдра. Если его задать векторами $\mathbf{a}, \mathbf{b}, \mathbf{c}$, идущими из вершины O в вершины A, B, C , соответственно (рис.4), то ориентированный объем V_T тетраэдра $OABC$ — смешанное произведение векторов $\mathbf{a}, \mathbf{b}, \mathbf{c}$ (это обычный объем, взятый со знаком \pm в зависимости от того, составляют ли векторы правую или левую тройку).

Обобщенным объемом V ориентированного многогранника P назовем сумму ориентированных объемов V_i тетраэдров с некоторой общей вершиной O и с основаниями на согласованно ориентированных гранях многогранника, т.е. $V(P) = \sum V_i$ (суммирование по всем граням многогранника). Нетрудно показать, что значение ориентированного объема на самом деле не зависит от выбора точки O , и для многогранников без самопересечений обобщенный объем совпадает с их обычным ориентированным объемом. Ясно, что обобщенный объем может быть равным, в частности, и нулю.

Ответ подсказывает формула Герона—Тарталья

Приведем некоторые соображения, легшие в основу на-

шего подхода к проблеме “кузнечных мехов”. Сначала посмотрим, как можно вычислять объемы простейших многогранников.

Объем тетраэдра. Напомним, что по известной формуле Герона площадь S треугольника выражается через длины его сторон a, b, c равенством

$$16S^2 = (2a^2b^2 + 2a^2c^2 + 2b^2c^2 - a^4 - b^4 - c^4).$$

Существует обобщение этой формулы, позволяющее вычислить объем тетраэдра через длины его ребер: если у тетраэдра (рис.4) длины ребер равны $l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6$, то для его объема V верна формула⁶

$$V^2 = 1/144 \cdot [l_1^2 l_3^2 (l_2^2 + l_3^2 + l_4^2 + l_6^2 - l_1^2 - l_5^2) + l_2^2 l_6^2 (l_1^2 + l_3^2 + l_4^2 + l_5^2 - l_2^2 - l_6^2) + l_3^2 l_4^2 (l_1^2 + l_2^2 + l_5^2 + l_6^2 - l_3^2 - l_4^2) - l_1^2 l_2^2 l_4^2 - l_2^2 l_3^2 l_5^2 - l_1^2 l_3^2 l_6^2 - l_4^2 l_5^2 l_6^2]. \quad (1)$$

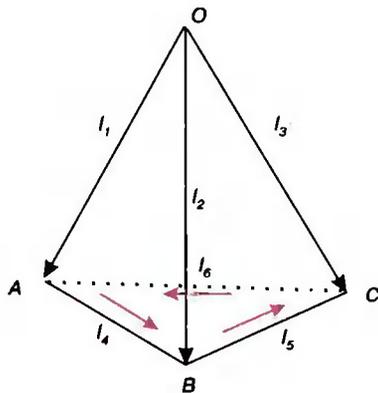


Рис.4. Ориентированный тетраэдр — элементарная фигура для нахождения обобщенного объема многогранника.

⁶ История получения этой формулы заслуживает отдельного рассказа; здесь мы отметим только, что уже в XVI в. Н.Тарталья умел вычислять объем тетраэдра через длины его ребер, поэтому, на наш взгляд, формулу (1) исторически справедливо было бы называть формулой Герона—Тарталья, что мы и отразили в подзаголовке.

Обобщенный объем V *четырёхугольной пирамиды* с триангулированным основанием можно вычислить как алгебраическую сумму объемов V_1 тетраэдра $Ap_1p_2p_3$ и V_2 тетраэдра $Ap_3p_4p_1$:

$$V = V_1 \pm V_2 \Rightarrow V^4 - 2(V_1^2 + V_2^2)V^2 + (V_1^2 - V_2^2)^2 = 0,$$

и так как V_1^2 и V_2^2 выражаются по формуле (1) через квадраты длин соответствующих ребер, то для обобщенного объема V четырёхугольной пирамиды имеем полиномиальное уравнение:

$$Q(V) = V^4 + a_1(V)V^2 + a_2(V) = 0. \quad (2)$$

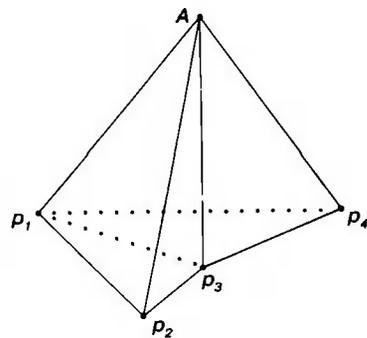


Рис.5. Четырёхугольная пирамида с разбиением на два тетраэдра.

Таким образом, в простейших случаях обобщенные объемы многогранников — корни полиномиальных уравнений с коэффициентами, которые не зависят от расположения вершин многогранника в пространстве, а представляют собой многочлены от квадратов длин его ребер. Числовые коэффициенты этих мно-

гочленов задаются комбинаторным строением многогранника, т.е. у многогранников с одинаковым строением уравнение для обобщенного объема будет одним и тем же.

Второе наблюдение более тонкое, и за недостатком места мы лишь вкратце изложим его суть. Из одной и той же развертки можно склеить, вообще говоря, много разных многогранников. Можно показать, что среди них неизгибаемые составляют конечное множество, а изгибаемые (если они есть) разбиваются тоже на конечное число семейств, каждое из которых состоит из многогранников, получаемых друг из друга изгибанием. Значит, если гипотеза “кузнечных мехов” верна, то множество значений объемов всех многогранников, имеющих данное комбинаторное строение и данный набор длин ребер, должно быть конечным.

Основная теорема и ее следствия

На основании этих наблюдений естественно было предположить, что путь решения проблемы “кузнечных мехов” не надо искать в узких условиях самой задачи, когда математически очень трудно выразить и тем более использовать свойство изгибаемости исследуемого многогранника, а надо попытаться установить “конечнозначную зависимость” объема *любого* многогранника от его метрики и комбинаторного строения. Такое предположение было впервые высказано автором еще в 1989 г. и затем реализовано в серии его работ⁷ в 1995—1996 гг. В окончательном виде основная теорема об объеме многогранников формулируется так.

Теорема. Пусть $[P]$ — множество всех многогранников в R^3 , имеющих одинаковое комбинаторное строение K и одинаковый набор длин ребер (l_1, \dots, l_e) , где e — число ребер. Тогда можно указать некоторый многочлен:

$$Q(V) = V^{2N} + a_1 V^{2N-2} + \dots + a_{N-1} V^2 + a_N, \quad (3)$$

такой, что обобщенный объем каждого многогранника из $[P]$ является корнем этого многочлена, в котором коэффициенты a_i ($1 \leq i \leq N$) сами являются многочленами от (l_1^2, \dots, l_e^2) с числовыми коэффициентами, зависящими от комбинаторного строения многогранника.

Из этой теоремы вытекают два очевидных следствия.

Следствие 1. Множество значений обобщенных объемов всех изометричных между собой многогранников с данным комбинаторным строением и с данным набором длин ребер конечно.

Следствие 2. Обобщенный объем изгибаемого многогранника в ходе изгибания остается постоянным.

Действительно, с одной стороны, объем многогранника при изгибании должен изменяться непрерывно, а с другой — принимать лишь конечное число значений. Обоим условиям удовлетворяет лишь функция, принимающая постоянное значение, поэтому утверждение гипотезы “кузнечных мехов” — простое следствие основной теоремы, которую естественно интерпретировать как обобщение формулы Герона—Тарталья для объема тетраэдров на объемы общих многогранников.

Отметим, что теорема верна и для многогранников с нетреугольными гранями — ведь каждую твердую грань можно разбить системой диагоналей на треугольные грани.

Здесь мы, конечно, не можем излагать доказательство теоремы, скажем лишь, что

оно конструктивное и проводится методом индукции по числу вершин и по топологическому роду многогранников, причем указывается явный алгоритм построения искомого полиномиального уравнения для многогранников, начиная с простых случаев и переходя постепенно к более сложным комбинаторным типам. Базой индукции служит формула (1) для объема тетраэдра.

Несколько позже американские математики Р.Коннелли и А.Вальц тоже доказали существование такого многочлена, отправляясь от тех же геометрических идей, что и автор в своих работах, но используя другой алгебраический аппарат. Их метод дает только сам факт существования требуемого многочлена, но не указывает способ его построения.

Примеры

Первый пример — это, конечно, многочлен (1) для объема тетраэдра. Он имеет два корня, соответствующие двум разным выборам ориентации тетраэдра. Это уравнение содержит 23 монома (слагаемых).

Второй пример дается биквадратным уравнением (2), содержащим уже около двух тысяч мономов.

Следующий по сложности многогранник — это октаэдр, имеющий шесть вершин (случай пятиугольной пирамиды с тремя треугольниками в основании читатель может легко разобрать сам — должен получиться многочлен степени 8). Многочлен для объема октаэдра, получаемый по методу доказательства основной теоремы, имеет степень $1024=2^{10}$. Его впервые нашла Оксана Павлова в своей дипломной работе в 1991 г. Впоследствии А.В.Астрелин и автор предложили новый способ построе-

⁷ Сабитов И. Х. // Успехи мат. наук. 1995. Т.50. №2. С.223—224; Он же // Фундам. и прикл. математика. 1996. Т.2. №4. С.1235—1246.

ния многочлена, и степень последнего оказалась 16 (фактически 8, так как в нем только четные степени объема).

Как пример, приведем многочлен для объема брикаровского октаэдра 1-го типа. Пусть на изображенной на рис.1 комбинаторной схеме октаэдра заданы квадраты длин ребер:

$$\begin{aligned}(A_1B_1)^2 &= (A_2B_2)^2 = a, (B_1A_2)^2 = \\ &= (A_1B_2)^2 = b, (NB_1)^2 = (SB_2)^2 = c, \\ (NB_2)^2 &= (SB_1)^2 = d, (NA_1)^2 = \\ &= (SA_2)^2 = e, (NA_2)^2 = (SA_1)^2 = f,\end{aligned}$$

тогда уравнение (3) для объема имеет вид:

$$\begin{aligned}Q(v) &= v^8 - 4[ab(c+d+e+f - \\ &- a-b) + cd(a+b+e+f-c - \\ &- d) + ef(a+b+c+d-e-f) - \\ &- eac - fad - fbc - ebd]v^7 = 0.\end{aligned}$$

Здесь положено $v = 36V^2$. Среди этих октаэдров есть октаэдры Брикара, и нулевой корень $v = 0$ соответствует именно их обобщенному объему, но есть и неизгибаемый с ненулевым объемом.

Для октаэдра в общем положении (т.е. с 12 разными буквенными значениями длин ребер) многочлен минимальной степени для объема содержит уже несколько миллионов (!) слагаемых, и поэтому выписать его в общем виде, конечно, нельзя. Но работать с ним можно: вы вводите конкретные численные значения длин ребер, и компьютер выдает искомый многочлен для объема с численными значениями коэффициентов. Вот пример такого вычисления, выполненный студентом МГУ Сергеем Михалевым. Пусть длины ребер октаэдра заданы так:

$$\begin{aligned}(NA_1)^2 &= 41, (NB_1)^2 = 34, (NA_2)^2 = 29, \\ (NB_2)^2 &= 26, (SA_1)^2 = 52, (SB_1)^2 = 45, \\ (SA_2)^2 &= 40, (SB_2)^2 = 37, (A_1B_1)^2 = 25, \\ (B_1A_2)^2 &= 13, (A_2B_2)^2 = 5, (B_2A_1)^2 = 17.\end{aligned}$$

Тогда получаем следующее уравнение для объема (положено $v = 36V^2$):

$$\begin{aligned}v^8 &- 97600v^7 + 2150278656v^6 - \\ &- 14733233766400v^5 + \\ &+ 28949731124248576v^4 - \\ &- 16429559369328230400v^3 + \\ &+ 2673932358387945701376v^2 - \\ &- 135342229652751620505600v + \\ &+ 1546362629160356875862016 = 0.\end{aligned}$$

Оно имеет восемь корней [16, 64, 144, 576, 1936, 7744, 17424, 69696], которые соответствуют 16 объемам (со знаком \pm) восьми реально существующих октаэдров с указанными длинами ребер. Следовательно, для октаэдров степень 16 — минимально возможная для многочлена $Q(V)$, так как ни один многочлен степени меньше 16 не может иметь в качестве своих корней все эти 16 значений объемов изометричных октаэдров.

Что дальше?

Полученное обобщение формулы Герона—Тарталья открывает совершенно новые возможности для работы с многогранниками. Прежде всего, не имея даже самого многогранника, а зная только его натуральную развертку (развертка называется натуральной, если все треугольники развертки, и только они, суть будущие грани многогранника), мы можем составить уравнение (3) для объема и еще до построения многогранника сказать, что значение его объема должно быть среди корней этого многочлена. Более того, если окажется, что для выписанного многочлена все его корни V^2 — отрицательные или комплексные числа, значит, из такой развертки нельзя склеить ни одного многогранника. Итак, у нас есть способ проверить, можно ли построить многогранник по заранее заданной натуральной развертке, только на основе вычисления корней многочлена для объема.

Далее, можно вывести уравнения, позволяющие в

общем случае определять двугранные углы между склеиваемыми гранями. Возможных значений этих углов окажется конечное число; построение многогранника по его граням на каждом шаге сводится к правильному выбору угла между склеиваемыми гранями, и поэтому путем хотя бы перебора вариантов мы или склеим многогранник по его натуральной развертке, или убедимся в невозможности этого. Таким образом, открывается путь алгоритмического решения задачи о построении многогранника по его натуральной развертке. Все эти операции по аналогии с известным термином “решение треугольников” логично назвать “решением многогранников”, но только, конечно, с применением компьютеров. Правда, вычисления настолько большие, что мощности персональных компьютеров пока не хватает даже для того, чтобы найти многочлен для объема многогранника Штефена. Тем не менее важно, что задачи метрической геометрии многогранников теперь становятся конечно-вычислимыми в принципе, по крайней мере в том же смысле, в каком шахматы являются конечной игрой.

Многообещающими кажутся также возможные применения обобщения формулы Герона—Тарталья в естественности. Например, в молекулярной химии структура молекул определяется связями между атомами, длины которых часто постоянны, и поэтому связи могут играть роль ребер. Зная их длины, можно заранее предвидеть возможное строение молекулы, ее объем, размеры и т.д., что даст ценную информацию о свойствах искусственно создаваемого материала. Физика твердого тела, кристаллография, теория растворов — вот другие потенциальные области применения. По-видимому, и сами

изгибаемые многогранники — их способность изменять форму с сохранением внутреннего давления и объема — обязательно должны найти какие-нибудь применения в сложных конструкциях, например в приборах, в оригинальных игрушках, в хитроумных объектах дизайна и т.д.

Вместе с тем, в подтверждение Спенсеру, мы видим, что новое знание приносит массу новых вопросов. Прежде всего — самый интересный для математиков — это проблема получения многочлена для объема многогранников в многомерном пространстве; она неожиданно оказалась очень трудной, и здесь пока получены только самые первые результаты. Новая обширная область исследований — изучение алгебраических свойств многочлена для объема. Так, по-видимому верно следующее утверждение: если многогранник изгибаем, то значение его объема является кратным корнем многочлена для объема (в приведенной формуле для объема брикаровского октаэдра это так). Верно ли это на самом деле? В чем смысл порядка кратности корня? Является ли каждый

неотрицательный корень многочлена величиной объема какого-либо действительно существующего многогранника? В чем смысл комплексных и отрицательных корней многочлена? Как найти канонический многочлен наименьшей степени? (Сейчас мы умеем делать это только для многогранников с топологией сферы.) Каковы те законы в нашем мире, которые допускают возможность таких деформаций⁹ многогранника? Этот список вопросов можно продолжать и продолжать.

...В то же самое время, когда я прочитал спенсеровское сравнение развития познания с расширяющейся сферой, я пришел к унылому заключению, что чем больше мы узнаем, тем больше появляется новой неизвестности, так как площадь границы шара знаний растет с ростом его радиуса. Но я очень быстро нашел оптимистический выход из этого пессимистического наблюдения.

⁹ Заметим, что в трехмерном сферическом пространстве (с положительной постоянной кривизной) это не так как показал В.А.Александров, там есть изгибаемые многогранники с изменяющимся объемом.

Если разделить сумму приобретенного знания — объем шара — на количество новой неизвестности — площадь сферы, — то это отношение будет расти с увеличением радиуса. Вот мы и имеем умозрительный аргумент, оправдывающий занятия наукой: действительно, на первый взгляд кажется, что чем больше мы знаем, тем больше мы не знаем, но в относительном сравнении масса наших приобретенных знаний монотонно растет по сравнению с незнанием (а тот факт, что незнание за пределами сферы знаний все равно остается бесконечным, нас не должно очень тревожить, так как это — незнание, о котором мы вообще ничего не знаем, и оно нас эмоционально не трогает). Несомненно, и новая формула для объема многогранника, на самом деле отражающая некоторые глубинные свойства окружающего нас мира, очень скоро должна дать новые знания об этом мире.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Гранты 93-01-00154, 96-01-00836, 99-01-00867. ■

Коротко

Летом ожидается увеличение числа лесных пожаров в Магаданской обл., потому что снега за зиму выпало всего 30 % от нормы вместо обычных двухсот ВГТРК. "Вести", 21.6.1999

Уникальную находку — иссохшую кожуру банана — обнаружили археологи при раскопках в исторической части Лондона (южнее Лондонского моста). Она находилась в мусорной яме, выкопанной еще во времена правления династии Тюдоров. Позднее ямой не пользовались и само место ничем не занимали. Возраст находки оценен в пять столетий, т.е. банан был съеден за королевским столом Генриха

VIII. Поскольку плод этот экзотический и в Англию бананы стали привозить только в начале XIX в., историки и археологи задаются вопросом: какой мореплаватель мог доставить эту экзотику к королевскому столу? Terre Sauvage. 1999. №143. P.18 (Франция).

Фирма "Christies", торгующая предметами искусства и истории, выставила на продажу вещи, связанные с началом эры освоения космического пространства. Среди них — оранжевый нейлоновый комбинезон — один из девяти, в которых в 1960 г. тренировались советские космонавты, совершившие затем орбитальный полет на ко-

рабле "Восток-1", по начальной цене "всего" 250 тыс. долл.; часть скафандра, который был на астронавте "Аполлона-15" Дж.Ирвине во время его выхода на Луну (90 тыс. долл.); куда дешевле, в 2,5 тыс. долл., оценена часть изоляции от иллюминатора командного отсека "Аполлона-14", хотя на ней и оставил свой автограф астронавт Э.Митчелл; за 4 тыс. долл. можно приобрести страничку из полетного плана первого лунного корабля "Аполлон-11".

Разумеется, в ходе самого аукциона цены подчас значительно возрастают.

Science. 1999. V.285. №5432. P.1351 (США).

Видимый свет невидимого золота

Н.И.Горячкин, В.Л.Хорошилов

Неповторимый внешний вид в сочетании с природной редкостью всегда привлекал к золоту внимание человека. Незабываемый солнечный цвет, нетускнеющий блеск, благородная чистота и надменная яркость сделали его идолом богатства, могущества и благополучия. Отношение людей к этому 79-му элементу периодической таблицы сводится к маниакальному стремлению владеть им. Но чтобы «владеть золотом», его сперва необходимо добыть. С прогрессом науки и техники изменялись как способы добычи золота, так и методы изучения свойств, определения количеств и форм его вхождения в состав горных пород, руд и минералов. Одному из новых способов изучения золота в горных породах посвящена эта работа. Однако, чтобы лучше понять сущность нового метода, нужно иметь представление о некоторых общеизвестных, традиционных.

Визуальные методы исследования

Самые древние методы изучения пород и руд — оптические. Во все века исследователь



Николай Игоревич Горячкин, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории пассивных окраин Института литосферы РАН. Область научных интересов — благородные металлы в черных сланцах, применение физических методов исследования в геологии. Неоднократно публиковался в «Природе».



Владимир Леонидович Хорошилов, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник той же лаборатории. Занимается геохимией благородных металлов и нейтроноактивационными методами анализа минерального вещества.

вперял пыливый взор в объект своего внимания, дабы осмыслить детали его строения. По мере того как свет знаний освещал пути прогресса, око ученого оснащалось всякого рода увеличительными стеклами, зрительными трубами и прочими приспособлениями, усиливающими и облегчающими наблюдение в видимой части спектра электромагнитных излучений. Венцом совершенствования оптической техники для геологических наук стало создание поляризационных микроскопов проходящего и отраженного света, использование которых сделало возможным применение петрографических и минераграфических методов исследования.

Однако исследования, основанные только на определении оптических констант объектов и не характеризующие в должной мере их состав, скоро перестали удовлетворять любознательных геологов. Это повлекло за собой бурное развитие химических, физико-химических, ядерно-физических и иных способов изучения вещества. Все они обладают достоинствами и недостатками, в большей или меньшей степени характеризуют определенные аспекты строения пород и минералов. Порой эти методы рождаются на стыках весьма отдаленных друг от друга наук...

Как уже было сказано, сияние золота спутать ни с чем невозможно. Однако это верно лишь отчасти — в тех случаях, когда золота много и оно находится в достаточно крупных обособлениях. Но золото потому и ценится так высоко, что встречается чрезвычайно редко. Кроме того, даже в богатых рудах оно может присутствовать в виде мельчайшей тонкодисперсной пыли, различаемой лишь под микроскопом. Геологи знают, что “видимое золото” в руде, не говоря уже о самородках, — явление весьма нечастое. Так что при исследованиях руд о “блеске злата” го-

ворить, как правило, не приходится. При изучении таких руд буквально идет охота за мельчайшими (от десятых до тысячных долей миллиметра) выделениями этого металла. Необходимо точно определить, с какими микро- и макроструктурами пород золота связано, с какими минералами сростается, сколько его в образце. Часть этих задач можно решить с помощью оптического микроскопа. Это длительная, утомительная работа, в огромной мере зависящая от опыта исследователя, его настроения, внимания. Но есть вещи, недоступные оптическому микроскопу. Например, нет гарантии, что исследователь обнаружит все выделения золота в препарате. При микроскопических работах применяются так называемые шлифы — полированные пластины, изготовленные из пород, поверхность которых исследуется в отраженных лучах, либо очень тонкие прозрачные срезы, сквозь которые проходит свет. Золото же в глубине полированного шлифа остается незафиксированным.

В дополнение к классическим методам оптической микроскопии сегодня приходят различные электронные микроскопы и микронзонды, позволяющие получать увеличения во многие тысячи крат, определять химический состав минералов¹. Но в этой работе мы рассмотрим иной способ сделать видимым блеск “невидимого золота”.

Нейтронно-активационная автордиография золота

Истоки нейтронно-активационного анализа берут свое

¹ Созинов Н.А., Горячкин Н.И., Ермолаев Н.Р., Чиченов В.А., Хорошилов В.Л. Платиноиды в черных сланцах // Природа. 1997. №8. С.11—17.

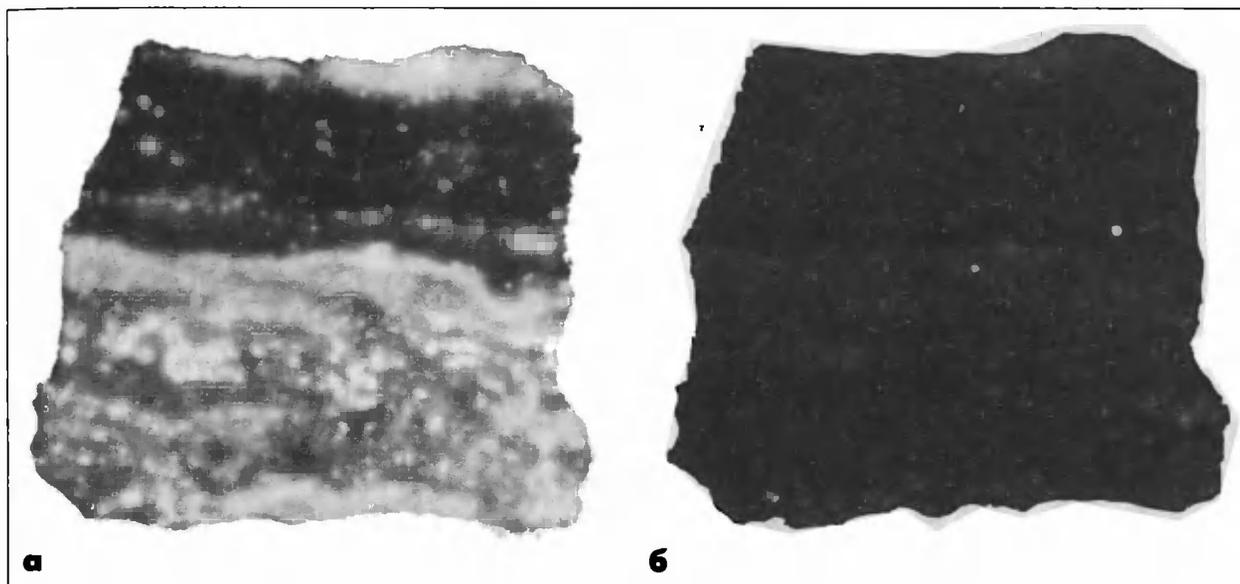
начало с открытия Ф.Жолио и И.Кюри в 1933 г. наведенной, или искусственной радиоактивности. Применительно к благородным элементам нейтронно-автордиографический метод разработан в 80-е годы в Институте ядерной физики АН Узбекистана² и успешно применяется нами в практике геохимических исследований.

Метод основан на способности (открытой еще Беккерелем) ионизирующих излучений засвечивать фотоэмульсию.

Поток нейтронов малых энергий, или “тепловых нейтронов” (энергии которых недостаточно для разрушения атомных ядер), взаимодействует с ядрами атомов большинства химических элементов. При этом протекает реакция “радиационного захвата”, при которой ядро-мишень переходит в форму нестабильного изотопа. Последний через определенное, характерное именно для данного изотопа время распадается, испуская ионизирующее излучение. Именно эта “выдержка” делает возможным извлечение препаратов из реактора, где они облучались нейтронами, и помещение их в детектор для фиксации процесса распада. В практике геохимических исследований используется валовый нейтронно-активационный анализ, позволяющий по спектру излучения, испускаемого препаратом, определять содержание в нем многих элементов.

Породы и руды — объекты внимания геологов, минералогов и геохимиков — представляют собой сложнейшие химические системы, включающие элементы в виде самых причудливых минеральных соединений. В силу своей пре-

² Кист А.А., Саттаров Г.А., Флициян Е.С. // Геохимия. 1984. №11. С.1699—1710.

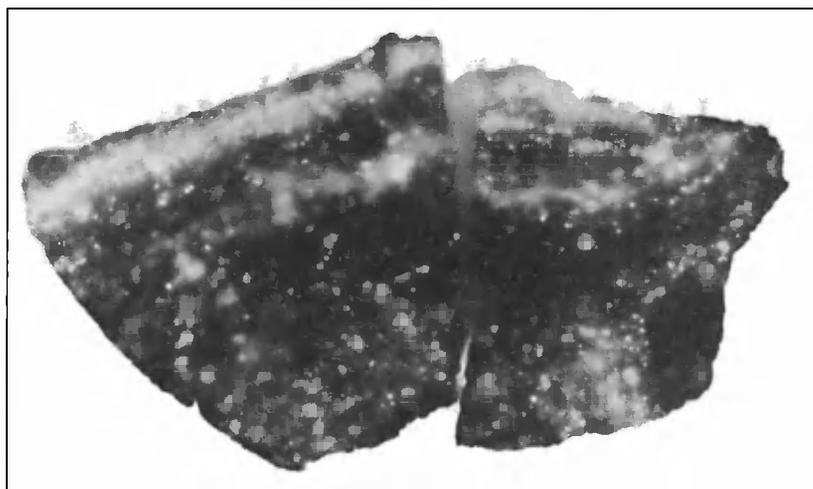


Нейтронно-активационная радиография руд главной генерации месторождения Кумтор. Облучение потоком реакторных нейтронов с флюенсом $5 \cdot 10^{14} \text{см}^{-2}$: а — радиационное остывание 3 сут, суммарное засвечивание от всех элементов; б — радиационное остывание 9 сут, засветка только от золота. Увел. 2.

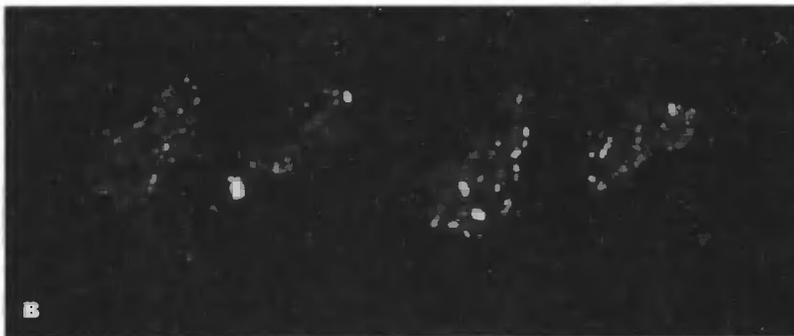
Здесь и далее фото Н.И.Горячкина

Флюенс — отношение числа частиц, проникающих в элементарную сферу, к площади ее центрального сечения.

словутой редкости золото, как правило, не бывает доминирующим в природных минеральных системах, и его количество в самых богатейших рудах едва достигает нескольких массовых процентов. При облучении образца реальной породы или руды нейтронами воздействию подвергаются практически все химические элементы, входящие в его состав. Они дают мешающее излучение, которое может засвечивать эмульсию гораздо сильнее, чем незначительное количество содержащегося в препарате золота. Главная задача исследователя — создание условий, при которых на детектор воздействует излучение только от золота (разумеется при его наличии в образце). Для этого надо глубоко изучить процессы, происходящие со всеми элементами как в ходе их облучения нейтронами, так и впоследствии.



Нейтронно-активационная радиография золота из руды месторождения Кумтор. Содержание золота в образце 137 г/т. Флюенс $5 \cdot 10^{14} \text{см}^{-2}$. Радиационное остывание 9 сут. Яркие пятна — высокозолотистые минеральные фазы. Серые участки засвечивания — примесное золото в пирите. Увел. 3.6.



Нейтронно-активационные радиографии. Флюенс $5 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$. Распад мешающих изотопов в препаратах в зависимости от времени радиационного остывания: а — радиационное остывание 3 сут, суммарная засветка фотодетектора; б — радиационное остывание 6 сут, частичный распад мешающих элементов; в — радиационное остывание 10 сут, засветка только от золота. Уменьш. 5.

Золото — удобный объект для нейтронно-радиографического изучения. Оно обладает высокой способностью к активации под воздействием потока медленных нейтронов (или, как говорят, большим сечением ядерной реакции активации ^{197}Au (n, γ) ^{198}Au , составляющей величи-

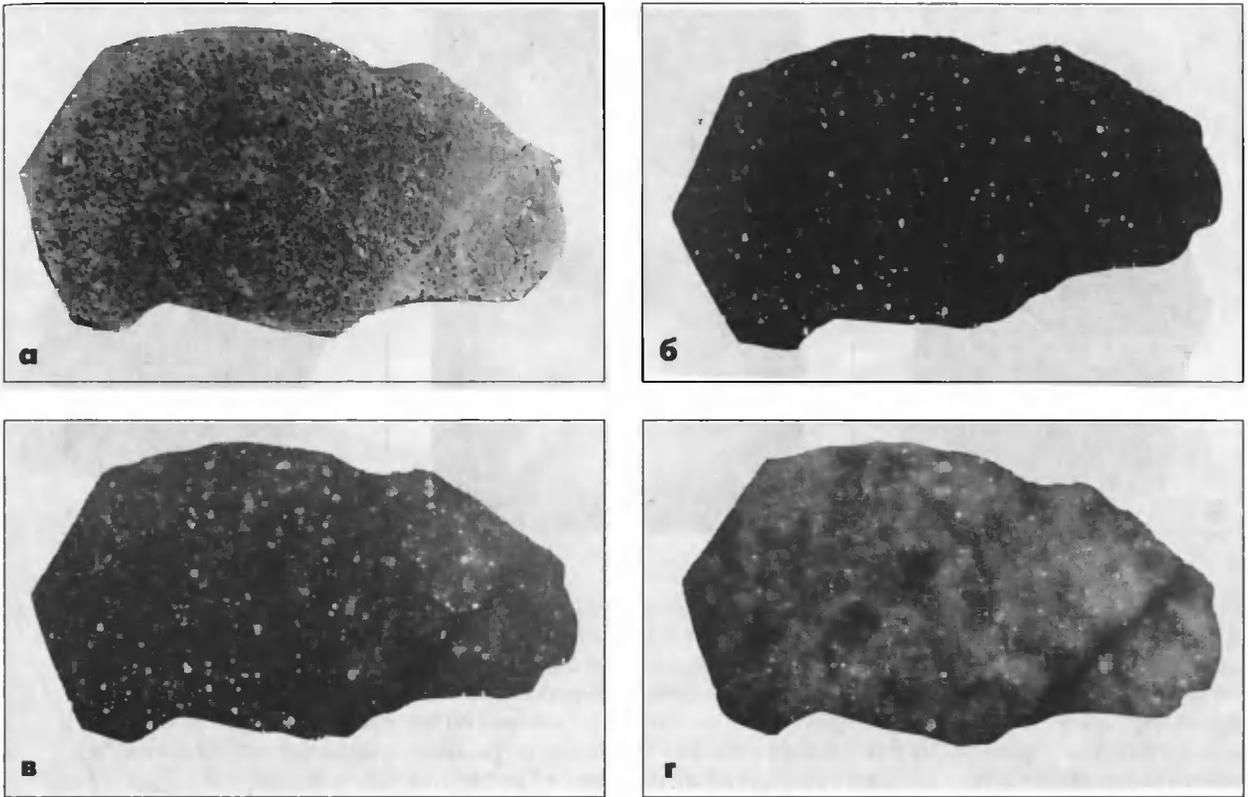
ну $^4 96$ барн). Иными словами, ядро стабильного природного изотопа ^{197}Au — “крупная мишень”, и захват им медленного нейтрона очень вероятен. При этом происходит испускание γ -кванта, ста-

$^4 1$ барн = 10^{-28} см^2 (это характерное значение геометрического сечения ядер).

бильный изотоп ^{197}Au переходит в нестабильный ^{198}Au . Этот изотоп в буквальном смысле слова долго не живет (период полураспада 2.7 сут) и превращается в изотоп ртути ^{198}Hg с испусканием β -частиц и γ -квантов. Слегка отвлекаясь от темы, заметим, что здесь осуществляется “мечта алхимиков — наоборот”, т.е. вместо получения золота из ртути под воздействием философского камня мы получаем ртуть из золота посредством атомного реактора.

Это свойство золота — основополагающее для радиографии, ибо именно излучение при его переходе в ртуть может быть зафиксировано детектором.

Однако, как уже отмечали выше, в препаратах активируются и другие элементы, которые могут “затмить” на фотодетекторе слабенький “свет радиоактивного золота”. Чтобы избавиться от их пагубного влияния приходится прибегать к определенным ухищрениям. Наибольшую “аналитическую опасность” представляют макроэлементы. В первую очередь необходимо подобрать такой режим облучения, при котором они активировались бы в минимальной степени. Экспериментально определено, что для оптимальной активации золота необходимо, чтобы на 1 см^2 поверхности препарата попало 10^{15} – 10^{14} тепловых нейтронов. Это достаточно небольшая величина, при которой не происходит значительной активации таких элементов, как железо, скандий, сурьма, серебро. Для того чтобы избавиться от влияния натрия, входящего в состав породообразующего плаггиоклаза, облучение препаратов в атомном реакторе производят, предварительно поместив их в кадмированный канал. Кадмий поглощает нейтроны, способные активировать натрий. Однако сера,



Образец золота, содержащий различные формы вольфрама: а — исходный; б — радиолуминесценция выделений шеелита (CaWO_4); в — нейтронно-активационная радиография всех форм золота и макроконцентраций вольфрама (после облучения в контейнере с вольфрамовой стенкой); г — нейтронно-активационная радиография всех форм нахождения золота и вольфрама.

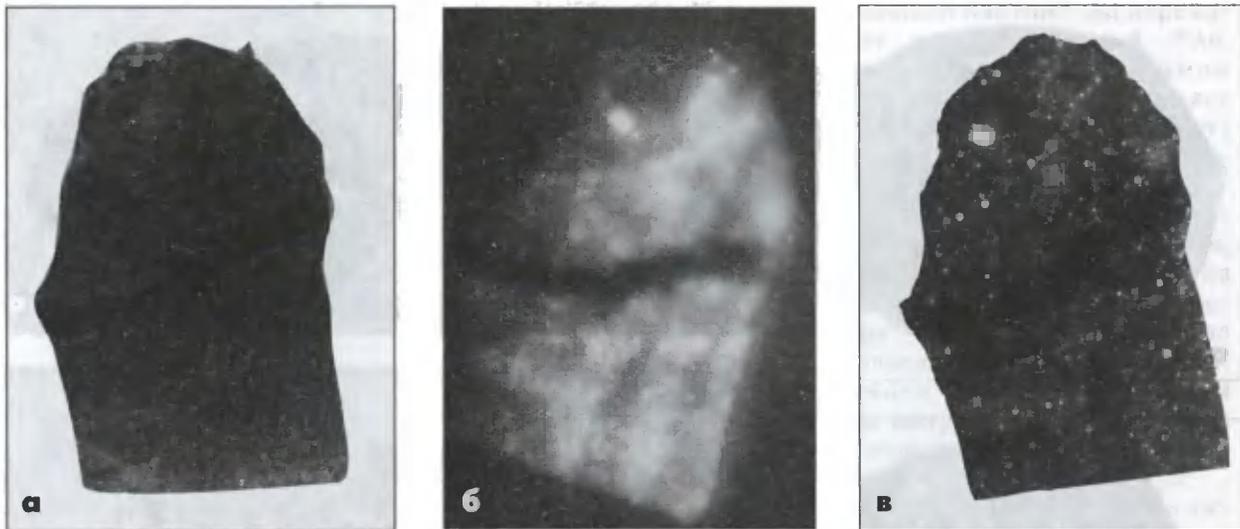
мышьяк, вольфрам и тот же натрий (когда его очень много) все же активируются совместно с золотом и от их влияния необходимо избавляться. Для этого используют свойства тех радиоактивных изотопов, в которые превращаются данные элементы под воздействием нейтронов. Период полураспада для ^{24}Na составляет 14 ч, ^{187}W — 24 ч, ^{76}As — 26 ч, что значительно меньше, чем для ^{198}Au (2.7 сут). Таким образом, варьируя время “радиационного остывания” препарата (т.е. выдержку его после облучения и до проведения радиографии), можно дожидаться, когда мешающие элементы распадутся, а золото еще будет

“светить” достаточно ярко. Используя эту разницу, можно получить “чистые” радиографии золота на четвертые—десятые сутки после облучения.

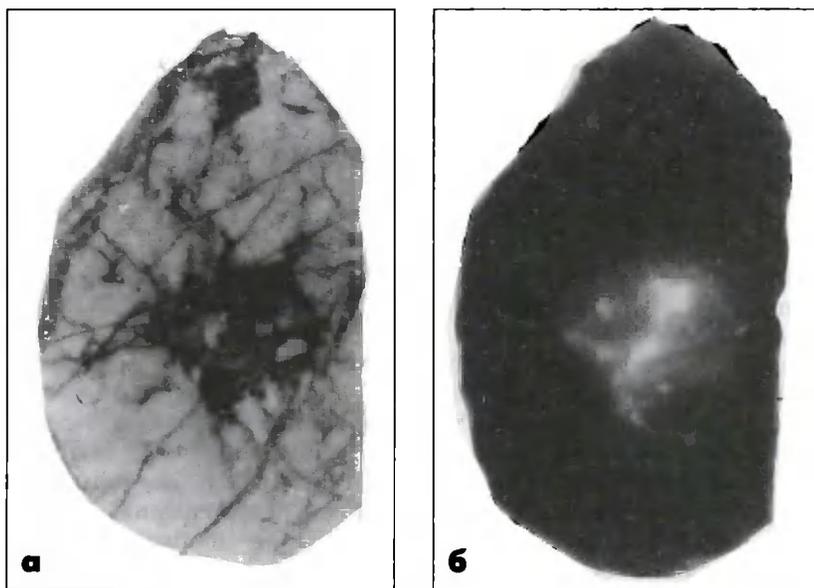
Для отделения фона от вольфрама, часто содержащегося в образцах в виде шеелита (CaWO_4), в ИЯФе Узбекистана разработан метод, основанный на способности этого минерала к радиолуминесценции (т.е. остаточному свечению после воздействия γ -излучения). Препарат сначала облучают мощным потоком γ -квантов и сразу же делают радиографию, фиксирующую вольфрам шеелита. Далее препарат, заключенный в контейнер из вольфрамовой фольги,

облучают тепловыми нейтронами, которые не активируют рассеянный вольфрам, но и не мешают активации золота и основного (шеелитового) вольфрама. Наконец, препарат снова облучают потоком нейтронов, и выполняется третья радиография, фиксирующая все формы вольфрама и золота. Сопоставление полученных радиографий позволяет определить распределение последнего в препарате.

Для борьбы с влиянием серы при исследовании образцов, содержащих сульфидные минералы (пирит, пирротин и т.п.), используется еще более изощренный способ. Получе-



Углеродисто-слюдистый алевролит с дисперсным пиритом (месторождение Мурунтау): а — исходный образец (темное — прожилок кварца); б — нейтронно-активационная радиография после облучения потоком с флюенсом $2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$. Излучение примеси мышьяка погашено предварительной выдержкой 11 сут. Наблюдается совместное засвечивание фотоэмульсии радиоактивной серой и золотом; в — то же, но излучение серы снято алюминиевым экраном. Наблюдается рассеянное золото (ранняя генерация оруденения) и отдельная обособленная золоти́на (яркое белое пятно) более позднего этапа рудообразования. Увел. 3.5.

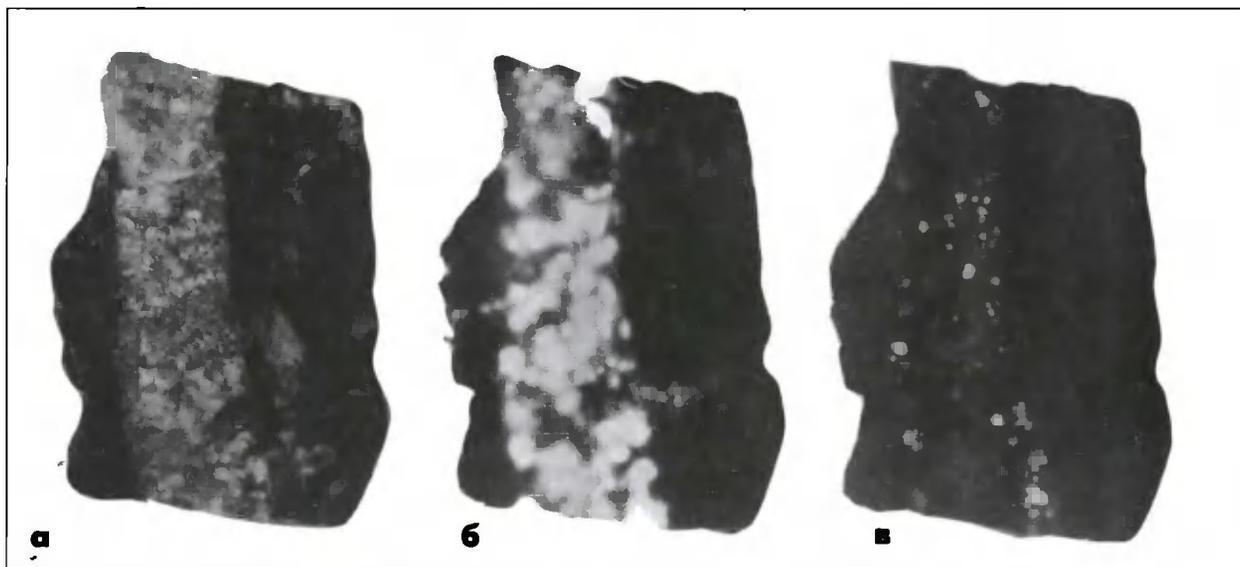


Распределение минералов серебра (тетраэдрит и другие сульфосоли) в жильном кварце: а — исходный образец; б — нейтронно-активационная радиография. Флюенс $7 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-2}$. Радиационное остывание 2.5 г. Увел. 5.

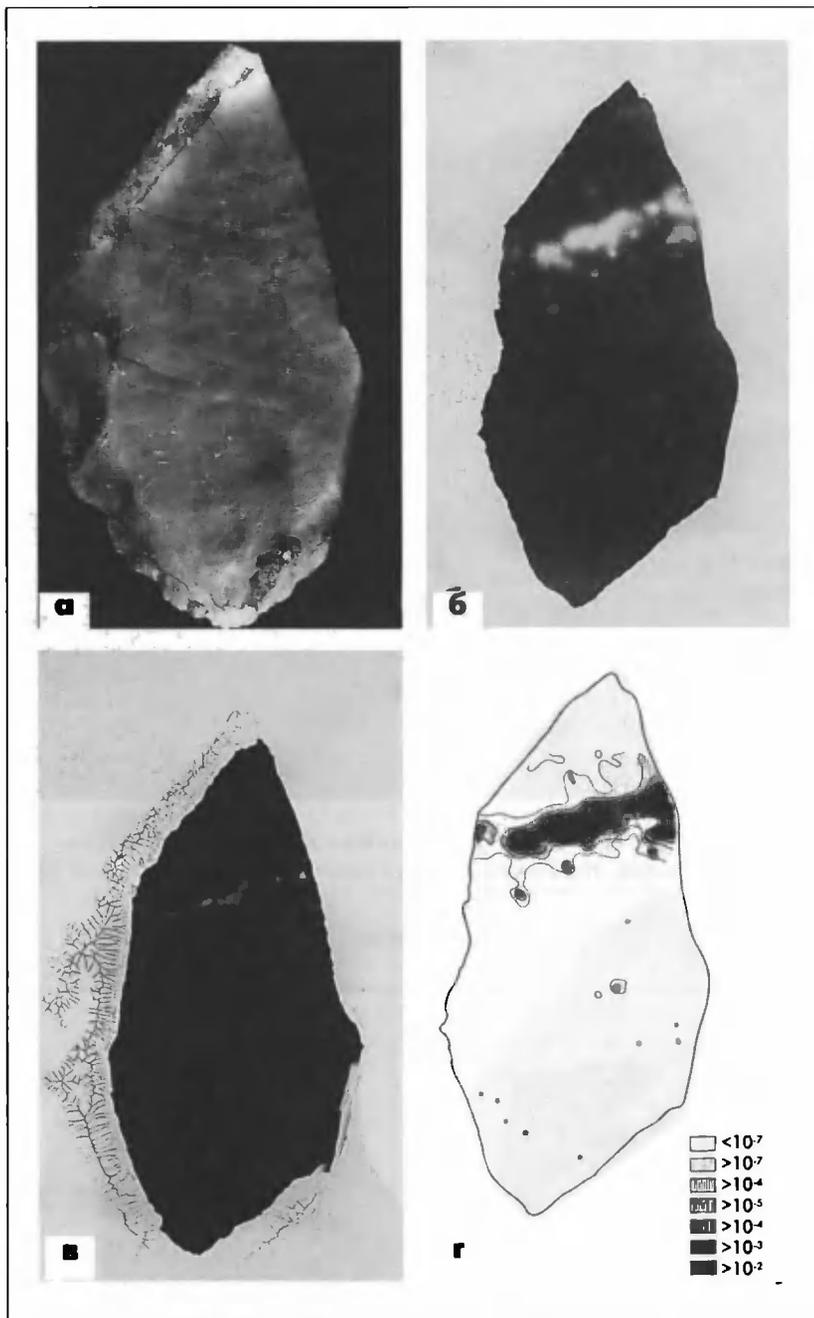
ние радиоактивной серы в реакции $^{35}\text{S} (n, \gamma) ^{35}\text{S}$ сопровождается последующим β -излучением ^{35}S , переходящей в стабильный изотоп ^{35}Cl . Сера характеризуется слабой способностью к активации тепловыми нейтронами (0.26 барн), но при значительных концентрациях способна полностью затенить золото. Кроме того, период полураспада ^{35}S составляет 87 сут, что не позволяет воспользоваться радиационным остыванием образцов. Если изотоп ^{198}Au испускает γ - и β -излучение, то ^{35}S — только β , характеризующееся, по сравнению с γ -излучением, пониженной проникающей способностью. Средняя длина пробега β -частиц в алюминии составляет 80 мкм. Таким образом, экранирование облученного препарата при проведении радиографии в момент фотоэкспозиции алюминиевой фольгой толщиной 100 мкм полностью отсекает излучение серы, а γ -лучи от ^{198}Au



Высокогорное плато Ак-Шыйрак (4000 м над ур.м.) в 50 км от курортов Иссык-Куля. Климат соответствует климату новоземельской тундры. На втором плане видна горная гряда, под которой расположено месторождение Кумтор.



Золотая руда месторождения Кумтор: а — исходный образец: черное — вмещающая порода (углеродистый алевролит), серое — минералы, выполняющие прожилки. Радиографии после облучения потоком нейтронов и радиационного остывания 6 сут: б — флюенс 10^{14} см⁻², светлое — сигналы от всего золота, имеющегося в образце; в — флюенс 10^{11} см⁻², примесного золота мало, светлые точки — выделение самородного золота. Увел. 3.



Золото-кварцевые руды Мурунтау: а — исходный образец; б — радиография после облучения потоком с флюенсом 10^{14} см^{-2} . Проявлены разобщенные микроконцентрации золота от 10^{-7} до 10^{-5} г (светлые участки), группирующиеся в зоне трещинки в видимые (10^{-3} , 10^{-2} г) золотины (контрастные белые точки); в — флюенс 10^{13} см^{-2} . Проявлены только видимые золотины; г — распределение микроконцентраций золота на основе данных микрофотометрирования.

этот экран свободно преодолевают.

Что касается прочих радиоактивных изотопов, образующихся при облучении препаратов горных пород и руд (например, ^{46}Sc , ^{59}Fe , ^{122}Sb , ^{110}Ag), то используемые для активации золота интегральные потоки 10^{13} – 10^{14} нейтронов на 1 см^2 недостаточны для возбуждения многих нуклидов, и их присутствие не мешает главной аналитической цели.

Итак, образцы в виде пластин толщиной 4–5 мм помещают в ядерный реактор и облучают потоком тепловых нейтронов. При этом используется весь комплекс мер для подавления активации мешающих элементов. После извлечения из реактора пробы выдерживаются в специальных условиях не менее 4–10 сут, чтобы их радиационное остывание достигло безопасного уровня. Далее препараты помещают на фотопленку и выдерживают определенное время. После обычной фотообработки изображение на пленке сравнивают с препаратом, что позволяет судить о распределении золота на поверхности. При анализе образец не разрушается и может в дальнейшем исследоваться любыми другими способами.

Надо сказать, нейтронно-активационная автордиография применима не только при определении золота. Нами она успешно используется для фиксации серебра, вольфрама и некоторых других редких элементов. Основы метода те же, но время облучения, остывания или фотоэкспонирования иное.

Автордиография золота в геологической практике

Примером использования нейтронно-радиационных ав-

тордиографий золота для исследований стадийности рудообразования служат наши работы по месторождениям Кумтор и Мурунтау. Изучая конкретные образцы, мы смогли оценить распределение различных форм золота в рудах данных типов.

Кумтор — крупнейшее месторождение Киргизии — расположено на высокогорном плато Ак-Шыйрак (4000 м над ур.м.), в 50 км южнее оз. Иссык-Куль. Золоторудная залежь располагается в высокоуглеродистых сланцевых породах докембрийского возраста. Руды представлены сложными кварц-алюмосиликатно-сульфидными агрегатами, образовавшимися в ходе сложных и многоэтапных геохимических процессов.

Облучение препаратов нейтронами выполнялось на реакторе в двух режимах: потоками нейтронов с плотностью $3 \cdot 10^{14}$ и 10^{15} см⁻². При первом режиме на детекторе фиксируется все золото в образце. При облучении потоком нейтронов в 30 раз меньшим можно наблюдать примесное золото, входящее в структуру пирита и других минералов (слабо засвеченные участки), и золото, локализованное в виде собственных минералов (яркие пятна). Исследование таких радиографий по специальной методике (микрофотометрированию), позволяющей количественно оценить степень почернения фотопленки в зависимости от концентрации золота, дает возможность определить соотношение количеств золота в примесной и минеральной формах для руд различных типов (например, 98:2 для субпластовых и 44:56 для штокерковых руд).

Золоторудное месторождение **Мурунтау**, расположенное в центре Кызылкумской пустыни, — одно из крупнейших в мире. Несмотря на то что руды разрабатываются уже не первое десятилетие,

изучение их состава, происхождения и свойств еще далеко не закончено. Радиографический анализ оказывает заметную помощь в выяснении закономерностей перегруппировки рудного вещества в ходе рудообразования.

Можно выделить два главных этапа рудообразования: метаморфогенный и гидротермальный. В первый происходит формирование ранних послонных метасоматитов и связанных с ними убогих руд, во второй — становление главной рудоносной жильно-штокерковой структуры, секущей по отношению к ранним послонным рудам.

Процессы перегруппировки золота здесь прекрасно иллюстрируются изменением соотношений золота и кварца в рудах различных генераций. Отмечается перераспределение дисперсного золота при окварцевании обломков ранних рудоносных пород (кварц-алюмосиликатных метасоматитов). Локальная миграция золота в поздний жильный кварц сопровождается группировкой металла и его “слипанием” в более крупные выделения. По степени почернения радиографий рассчитываются микроконцентрации золота в различных участках препарата.

Статистический обсчет концентраций золота рудного поля месторождения выполнялся для вмещающих пород, ранних руд (кварц-гидробититовых с эпидотом) и поздних (кварц-анкеритовых). Результаты этого исследования показывают, что на месторождении концентрация золота ступенчато изменяется от первичного геохимического фона до 10-кратного повышения в зонах разрывных нарушений. Затем происходит увеличение содержания в 100—150 раз. Причем золото распределяется в рудах еще более неравномерно. Интересно, что руда с более высокой кон-

центрацией золота наследует содержание более бедных разностей⁴. Так, в зоне развития “стержневых” жил с видимым золотом (тысячи г/т) сохраняются следы контрастных (десятки г/т) и убогих (1 г/т) руд.

* * *

Мы рассмотрели некоторые возможности одного из методов исследования неживой материи, лежащего на границе нескольких наук. Метод трудоемкий, требующий больших материальных затрат, сложного оборудования, творческого труда многих специалистов высочайшей квалификации. Все это безусловно выводит его за рамки общедоступных исследований, особенно в наше непростое время. Однако хочется надеяться, что оригинальность получаемых результатов будет постоянно привлекать к нему геохимиков и минералогов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Грант 98-05-65081. ■

⁴Ермолаев Н.П., Созинов Н.А. Стратиформное рудообразование в черных сланцах М., 1986; Ермолаев Н.П., Созинов Н.А., Флициян Е.С. и др. Новые вещественные типы руд благородных и редких элементов в углеродистых сланцах. М., 1992.

Второй “глаз” Очень большого телескопа

В.Г.Сурдин,
кандидат физико-математических наук
Москва

Без качественной светоприемной аппаратуры телескоп — ничто, даже такой великолепный, как Очень большой телескоп (VLT) Европейской южной обсерватории на горе Сьерро-Параналь в Чили. Поэтому четыре восьмиметровых “глаза” этого гиганта будут снабжены самой изощренной техникой для регистрации и анализа излучения астрономических объектов.

О прошедших осенью 1998 г. приемных испытаниях штатного спектрального прибора на первом “глазу” VLT — телескопе Анту (что значит “Солнце” на языке мапуче — народа, живущего на юге Чили¹), уже сообщалось². Его спектральный комплекс FORS (Focal Reducer and Spectrograph) содержит большой набор оптических элементов для всестороннего анализа света. Полученные им изображения галактик и газовых туманностей оставляют очень сильное впечатление.

В конце октября 1999 г. двойник этого прибора был смонтирован³ на втором “глазу” VLT — телескопе Кьюен (Луна). Впрочем, FORS2 в некоторых деталях дополняет своего старшего собрата: он может не только получать монохроматические и

цветные изображения объектов, но и производить сверхбыстрое измерение их яркости с временным разрешением в 25 нс. К тому же в его конструкции введен мультиспектральный спектрограф, способный одновременно получать спектры около 70 звезд или галактик, заранее выбранных в поле зрения телескопа. Такая возможность существенно повышает научную эффективность телескопа.

В первые же несколько ночей инженерной проверки и настройки прибора FORS2 с его помощью было получено множество уникальных изображений. Например — помещенная на обложке журнала фотография Крабовидной туманности, удаленной от Солнца на 6000 световых лет. Снимок впервые демонстрирует астрономам весьма тонкие детали стремительно разлетающегося остатка взрыва сверхновой звезды, который наблюдался китайскими звездочетами в 1054 г. Современному астрофизику изображение туманности рассказывает о динамике оболочки сверхновой и о влиянии на этот газовый комплекс пульсара — молодой нейтронной звезды, оставшейся на месте взрыва.

Пульсар вращается вокруг оси с частотой 30 об/с. Он излучает практически во всех диапазонах электромагнитных волн, в том числе и в оптическом. Поэтому его видно на фото: в самом центре туманности, нижняя правая из двух близких звездочек (указана стрелкой). “Раз-

глядывая” отдельно этот пульсар, новый телескоп продемонстрировал и свои способности в быстрой фотометрии: короткие вспышки нейтронной звезды не только по отдельности зафиксированы, но и прописана их тонкая временная структура. Это поможет в исследовании механизма излучения пульсара.

Цветное изображение Крабовидной туманности — результат синтеза трех снимков, сделанных через красный (длина волны центра диапазона 673 нм, ширина 6 нм), зеленый (657 нм, 150 нм) и голубой (429 нм, 88 нм) светофильтры. Каждая экспозиция длилась 5 мин; в качестве приемника использовалась ПЗС-матрица 2048×2048 пикселей (размер поля 6.8′×6.8′) при качестве изображения 0.65″. Красным цветом в основном светится водород из состава вещества, выброшенного при взрыве сверхновой. Именно это вещество образует тонкую волокнистую структуру туманности. А более ровное голубое сияние порождают энергичные (релятивистские) электроны, движущиеся в магнитном поле.

Возможно, биологу это изображение напомнит живую клетку с ее цитоскелетом, математику — фрактал, а химику — какой-нибудь фуллерен. Но, независимо от специальности, каждый естествоиспытатель при взгляде на фотографию чувствует эстетическое наслаждение и гордость за возрастающую силу науки. Разве не так? ■

¹ Подробнее см.: Сурдин В.Г. Крестины восьмиметровых телескопов // Природа. 2000. №1. С.62—63.

² Он же. Первые спектры, полученные Очень большим телескопом // Природа. 1999. №2. С.70—71.

³ ESO Press Release 17/99, 17 November 1999.

Край эдельвейсов и толсторогов

В.И.Готванский,
кандидат географических наук
Госстрой России
С.А.Подольский,
кандидат географических наук
Институт водных проблем РАН
Москва



Токинский Становик. Горная тундра на поверхности выравнивания. Высота 1800 м.

Здесь и далее фото В.И.Готванского

Вести из экспедиций

Вертолет с нашей экспедицией поднялся над Бомнаком, последним поселком на северной окраине Амурской области, и взял курс на северо-восток. Под нами промелькнула обширная гладь Зейского водохранилища со строчкой высокогорного изящного моста Байкало-Амурской магистрали. Не прошло и часа, как лиственничная тайга на невысоких сопках и в широкой зейской долине сменилась гольцами, незаметно заполонившими все пространство суши. Вскоре открылись альпийские ландшафты: скалистые гребни с острыми пиками вершин, ущелья с густо-зелеными клиньями ельников, глубокие с отвесными стенами котлы — цирки, в которых, словно пар, клубятся облака. Ни одного деревца на крутых склонах, только серые скалы и глыбовые осыпи,

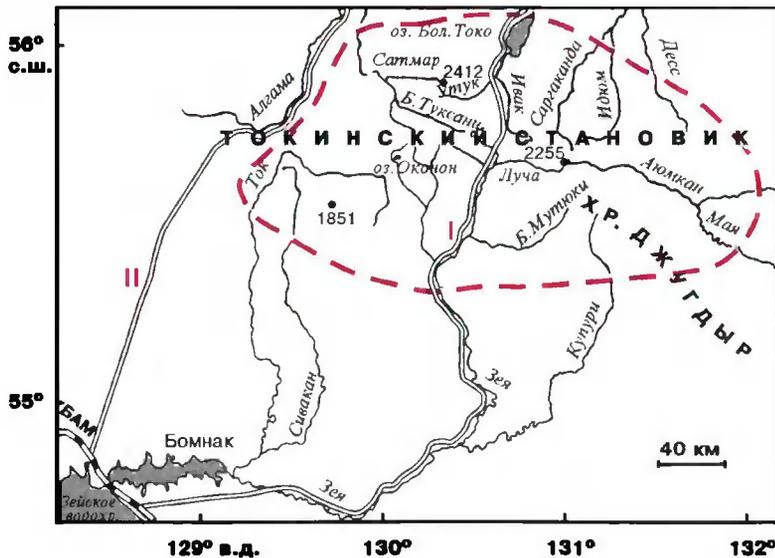
между которыми мелькают латки разноцветья кустарничков и лишайников. В разрывах облаков на днищах цирков видны озера и снежники, а в ущельях просверкивают поздние наледы.

Здесь, на административной границе Амурской области и Республики Саха (Якутия), путь холодным северным ветрам преграждает Становой хребет. На самом же деле это не один, а целая система хребтов и горных массивов протянулась почти на тысячу километров с запада на восток от р.Олекмы до хребта Джугджур, образуя участок главного водораздела между реками, текущими в Тихий и Северный Ледовитый океаны. Самая высокая часть Станового — Токинский Становик, лежащий между реками Алгамой и Маей (Половинной). Многие его вершины поднимаются выше 2 км. Вертолет стремительно

приближается к цели — горе Аюмкан (2255 м) в истоках Лучи, Аюмкана и алданской Саргаканды. Посадка в долине Аюмкана, быстрая выгрузка. Осматриваемся, ставим лагерь, и начинается работа: маршруты на главный водораздел и гору Аюмкан, в соседние долины — сбор гербария, описания, фотосъемки.

Эта экспедиция 1993 г., организованная Госкомэкологией Амурской области для научного обоснования Токинского национального парка, была уже второй. Первая, годом раньше, под руководством зоолога Ю.А.Дармана обследовала район перевала Тас-Балаган в верховьях Зеи. Но и до сего дня в пределах огромной горной страны Станового хребта нет ни одной особо охраняемой территории, хотя создать здесь заповедник или природный парк предлагали многие исследователи, начиная с ботаника Л.Н.Тюлиной¹ и кончая учеными Хабаровского комплексного научно-исследовательского института ДВО РАН, в котором много лет проработал один из авторов очерка — В.И.Готванский.

Выбор Токинского Становика под национальный парк не случаен. Это один из немногих сохранившихся на Земле уголков почти первозданной природы. Пока сюда редко попадают люди. Поэтому еще не тронуты заготовителями целые плантации родиолы розовой, корни которой сродни женьшеню по целебной силе. Здесь обычны легендарный эдельвейс и редчайший миниатюрный папоротник криптограмма Радде. Целые заросли на гольцах образует краснокнижный кустарник — рододендрон Редовского. И что поражает сильнее всего при встречах со зверя-



Район проектируемого Токинского национального парка. Его границы (цветная штриховая линия) показаны условно и будут уточнены после согласования с комитетами экологии Амурской обл. и Республики Саха. Римскими цифрами отмечены возможные варианты трассы железной дороги: I — восточный вариант, II — западный.

© В.И.Готванский, С.А.Подольский

¹ Тюлина Л. Н. На озере Токо и северном склоне Станового хребта // Академик В.Н.Сукачеву к 75-летию со дня рождения. М.; Л., 1956. С.558—571.

ми — полное отсутствие у них страха перед человеком, много раз они буквально позировали фотографу.

Присмотримся к Токинскому Становику повнимательнее. С его северных склонов стекают реки бассейнов Алдана и Лены, а с южных — Амура и Уды. Здесь сочетаются структуры Алданского щита и Джугджуро-Становой складчатой области, сложенные древнейшими на Земле гнейсами и кристаллическими сланцами с прослоями мраморов, а также гранитами.

Хребты Токинского Становика поднялись из недр узкими блоками — горстами по глубинным разломам, в которых заложилась грабены — долины. Превышения вершин над днищами долин достигают 1000 м. Лишь на отдельных горстах сохранились уплощенные водоразделы. Остальные горсты имеют заостренные гребни. Существенную роль в преобразовании рельефа и придании им облика, напоминающего Альпы или Кавказ, сыграли горно-долинные оледенения. Следует заметить, что в эпохи похолоданий, когда огромные пространства Европы, Западной Сибири и Северной Америки покрывались сплошными ледниковыми панцирями, на Дальнем Востоке ледники не выходили за пределы гор. На Токинском Становике ледники достигали длины в 40 км, толщины в 300 м. Один из самых больших ледников, Утукский, начинаясь в цирке в истоке р.Ивак и приняв десятки ледников-притоков, впадал в огромный ледоём, существовавший на месте нынешнего оз.Большое Токо. Ледники подновили горы. В приводораздельных частях хребтов возникли цирки и кары — кресловидные углубления, долины преобразовались в трюги с корытообразным поперечным профилем. Последние ледники растаяли около 10 тыс. лет назад. Оста-



Цирк в истоке р.Ивак.

лись лишь многолетняя мерзлота, наледи и снежники.

Феномен Токинского Становика — самые молодые на материковой части Дальнего Востока вулканы, неоднократно извергавшиеся в позднечетвертичную эпоху. Обширное базальтовое плато образовалось на Токско-Туксанийском междуречье на высоте около 1300 м. По его окраинам теперь возвышаются конусы сопков из базальтов и туфов. На днищах троговых долин остались базальтовые мини-вулканы и “коврижки” размерами с футбольное поле.

Притоки с порогами и водопадами, размывающие горсты, срываются в магистральные реки. В верховьях р.Аюмкан мы насчитали семь водопадов высотой от 5 м до 15 м. 20-метровым водопадом вырывается из цирка Зея, ниже она рассекает мощную наледь,

за которой растекается по широкому днищу, а спустя 3 км врывается в ущелье с водопадами и наледями, вырезанное в ригеле — скалистом гребне, вытянутом поперек долины.

Токинский Становик — край озер, наиболее многочисленных среди них каровые, но самые большие озера — Большое Токо и Малое Токо — имеют тектоническое происхождение, их глубина достигает нескольких сотен метров. Имеются здесь и вулканические, и моренные, и реликтовые озера.

Обширные мелководные (не более 2 м глубиной) озера занимают углубления на поверхности базальтового плато между реками Ток и Малая Туксани. Они служат временным пристанищем для тысяч птиц: гагар, турпанов и др., которые останавливаются здесь для линьки или на перелетах.



Токинский Становик — «мир, открытый настежь бешенству ветров».



«Голова» — останец на гребне главного водораздела. Высота 2100 м.



Снежный баран на скалах.
Фото С.А.Подольского



Озеро в троговой долине.



Слева направо рододендрон Редовского, каспиея (растения горной тундры), калипсо луковичное (редкое растение горных ельников).



Базальтовая "коврижка" в долине р.Большой Туксани.

Своеобразие ландшафтов Токинского Становика определяется сложным рельефом, субширотным простираем хребтов, контрастным сочетанием метеозлементов. Климат района ультраконтинентальный благодаря значительной удаленности от Тихого океана и ослабленности летнего муссона. Здесь за год выпадает наименьшее в регионе количество осадков — всего 260 мм (метеостанция Токо). Среднегодовая температура воздуха на Токинском Становике -11.2°C (в пос.Чумикан у моря -4.3°C). В холодную часть года здесь господствует сибирский антициклон, приносящий малоснежную погоду, сильные ветры на гребнях хребтов, обнажающие наветренные склоны и переметывающие снег на подветренные, где образуются мощные снежники. Снег за-

держивается лишь в зарослях кедрового стланика, ольховника и в кронах редких елей и лиственниц стелющейся и шаровой форм.

На Токинском Становике хорошо выражены вертикальные пояса растительности: горно-таежный, подгольцовый и гольцовый (горно-тундровый)². Первый пояс представлен лесами из лиственницы даурской. В зависимости от местообитаний это лиственничники багульниково-ерниковые, зеленомошно-ерниковые, ерниково-сфагновые и др. На речных террасах формируются лиственничники разнотравно-кустарниковые с участием ели аянской, тополя и чозения. На уплощенных днищах долин обра-

²Шлотгауэр С.Д., Готванский В.И., Коркишко Р.И. Флора и ландшафты Токинского Становика // Комаровские чтения. Владивосток, 1980. Вып. XXVIII. С.3—42.

зуются так называемые авлаи: открытые кустарниково-разнотравные участки с курильским чаем, ивами и кустарничками в напочвенном покрове, лишайниками. Такие места являются хорошими оленьими пастбищами.

Выше лиственничников, на склонах с проточным увлажнением, высоким снежным покровом зимой в глубоких распадках поселяются аянские ельники. Далее они сменяются рощами каменноберезников.

Лесной пояс сменяется поясом стелющихся лесов из кедрового стланика и ольховника с рододендромом золотистым (кашкарником), багульником. Это подгольцовые.

Вблизи снежников, в лотках старых селей с эпизодическим увлажнением формируются приснежные лужайки и луговины. В них обычны водо-

сбор амурский, купальница, акониты, лаготис, ревень. Участки с застойным увлажнением на гольцовых террасах заняты осоково-пушицевыми болотцами.

Господствующее положение в ландшафтах занимают гольцы с горными тундрами, среди которых наиболее распространены дриадовые и кассиопово-дриадовые. В их ассоциациях преобладают дриада аянская и кассиопеи, обычны ива полярная, козелец лучистый, колокольчики, полыни, осоки и злаки. Открытые северным ветрам склоны и гребни, откуда снег практически весь сдувается, заняты каменистыми и каменисто-лишайниковыми тундрами. Из высших растений здесь встречаются камнеломки, осоки, эдельвейс, дицентра бродяжная, снежный мак, незабудочник, толокнянка арктическая и др. На более теплом юго-восточном склоне горы Аюмкан, на высотах 1900—2000 м, эдельвейс под пологом рододендрона Редовского вместе образуют ассоциацию, почти сплошь покрывая щебнистую поверхность.

Горные тундры сформировались на протяжении четвертичного периода благодаря росту гор, чередованию теплых и холодных эпох. Токинский Становик служил мостом, по которому осуществлялись миграции флор. В эпохи похолоданий на восток расселялись континентальные виды, в эпохи потеплений в глубь континента мигрировали виды океанические. Постепенно подходящие местообитания заняли арктические виды, арктоальпийские, а также выходцы из лесного пояса, верхняя граница которого колебалась в значительном диапазоне абсолютных высот.

В Токинском Становике сходятся восточносибирская и охотско-камчатская фауны. Долины крупных рек — места концентрации северного оле-

ня (согжоя) и лося, плотность которого в долине Аюмкана зимой в 10 раз больше, чем на всем севере Амурской области. На Токинском Становике встречаются два непохожих друг на друга подвида лосей: якутский, крупный, с огромными лопатообразными рогами, и более мелкий, уссурийский, называемый оленерогим. Аянские ельники — основное местообитание безрогого оленя-кабарги. В долинных лесах много соболя, причем этот зверек почти не боится человека. Часто встречаются выводки рябчиков и глухарей, обычна азиатская дикуша, почти невидимая в полумраке ельника. На приречном песке не редкость следы росомахи.

В подгольцовом поясе к зарослям кедрового стланика тяготеют кедровка и бурундук, в пору созревания орешков стланика сюда наведывается бурый медведь. Горные тундры — царство пищух, любопытных зверьков-сеноставок, за которыми охотятся горностаи и канюки. Здесь можно встретить типично тундровые

виды: лемминга, полярную сову и белую куропатку. Над скалистыми гребнями стремительно носятся белопомятые стрижи. Иногда можно встретить маленького соколка дербника. Обычен гольцовый конек. Почти каждое каровое озеро “закреплено” за парой озерных чаек.

Невозможно представить горные тундры без дикого северного оленя — пожалуй, самого многочисленного вида из копытных в этой на первый взгляд горной пустыне. За день на маршруте можно встретить не меньше десятка зверей. Здешние согжои не боятся человека, но воспринимают его как хищника. При встречах они продолжают пастись, соблюдая, однако, дистанцию не менее 150—200 м, что делает наблюдения за животными особенно привлекательными. Хорошо набитые тропы северных оленей ведут из долин бассейнов Зеи и Уды через главный водораздел в долины рек системы Алдана.

И все-таки лучшим символом Токинского природного



Геоботаник экспедиции Р.И.Жукова с пастухами эвенками.



Аюмкан — река семи водопадов.

парка был бы исконный обитатель верхнего пояса гор — снежный баран, он же толсторог, или чубук. Это животное прекрасно приспособлено к жизни в суровых условиях. В отличие от согжоев толстороги не покидают вершин и гребней гор даже зимой. Плотная шерсть с воздушной прослойкой защищает зверя от пронизывающих ветров, крепкие копыта удерживают его на малейших выступах скал, острые слух, зрение и обоняние позволяют вовремя обнаружить опасность. Толстороги зимуют на выдувах, там, где ветер обнажает поверхность с прошлогодней травой, мхами и ли-

шайниками, вблизи скал, где они могут спастись от хищников. Будучи прекрасными скалолазами толстороги уступают в скорости волкам, становясь их жертвами при переходах. Мы неоднократно находили старый волчий помет с зимней шерстью снежных баранов.

Летом жизнь толсторогов более спокойна и размеренна. Активно пасутся они утром и во второй половине дня, остальное время отдыхают в тени скал. В долины спускаются редко. Недостаток минерального питания звери восполняют, выедая сухие солонцы — маломощную почву и грунт — до коренных пород.

Снежный баран издавна был излюбленным объектом охоты. Однако теперь его популяция особенно уязвима из-за охоты с применением вертолетов, в том числе за валюту для иностранцев. Кроме прямого истребления губительно действует фактор беспокойства. Стронутые с оптимальных мест обитания, они становятся легкой добычей хищников.

Немного усилий нужно, чтобы лишить Становик толсторогов. Но не только редкие звери здесь под угрозой исчезновения. Горы Токинского Становика на первый взгляд кажутся вечными колоссами. Здесь в условиях суровейших зим с жестокими ветрами все на пределе: устойчивость глыбового чехла склонов, сохранность ландшафтов и существование самой жизни. Вмешательство человека без заботы о завтрашнем дне этой земли

Рододендрон золотистый под летним снегом.



может привести к гибели целые экосистемы — из-за пожаров, нарушения режима рек, прокладки дорог.

Хозяйственное освоение этого региона не за горами. Совсем недалеко погромыхивает Байкало-Амурская магистраль. В долине р.Ток добываются драгоценные хризолиты. Старатели готовы устремиться на Лучу и другие реки с золотоносными россыпями. С предстоящим освоением угольного месторождения на юге Якутии проектируется железная дорога через Становой хребет, один из вариантов которой (восточный) намечается от БАМа по долине Верхней Зеи и перевалу Тас-Балаган.

Появление такого мощного фактора воздействия на природную среду может привести ко многим негативным последствиям не только для при-

роды, но и для эвенков. Здесь находятся основные пастбища северных оленей, охотничьи угодья этого народа. Поэтому с экологической, да и с инженерно-геологической точки зрения был бы предпочтительнее другой, более короткий вариант трассы — от БАМа по водоразделу рек Ток и Мульмагакан и долине Алгамы. Здесь ниже сейсмичность территории, более пологий рельеф. Мы предлагали этот вариант еще в начале 90-х годов, а в этом году планируется провести экспедицию, чтобы оценить нашу идею.

Создание национального парка с ограниченным тради-

ционным природопользованием позволит не только сохранить легко ранимую природу этого края, но и улучшить жизнь коренного населения, организовать систему освоения территории на основе научно-познавательного и “приключенческого” туризма. А для него здесь неограниченные возможности — от пеших походов до верховых и лодочных путешествий самой разной категории трудности. Организация Токинского национального парка уже давно включена в число первоочередных мероприятий. Надеемся, что ее очередь, наконец, наступит. ■

Загадочные носоходки

С.Д.Фелдоянц,
кандидат биологических наук
Зоологический институт РАН
Санкт-Петербург
А.Зельбстандер
Рурский университет
Бохум (Германия)

Non cuiquam datum est habere nasum
Martialis

Поистине удивительным, непредсказуемым образом пополняется научная информация и развивается научная мысль... Почти 60 лет прошло с тех пор, как шведский исследователь Ейнар Петтерсон-Скэмтквист, возвращаясь из японского плена, открыл в южных морях Тихого океана остров Хай-Дудафи в архипелаге Хей-Эй¹. В отличие от большинства островов в этой части Пацифики Хай-Дудафи — невулканического происхождения, хотя в северной его части и находится вулкан Котсобуси (1752 м над ур.м.), у подножья которого обосновалось небольшое (всего около 700 человек) племя хуача-хатши. Изолированность архипелага и прекрасный тропический климат способствовали формированию эндемичной, уникальной флоры и фауны. Более всего шведского исследователя поразили удивительные, не имеющие аналогов организмы — носоходки, или насобемы. Позже выяснилось, что Скэмтквист был не первым, кто их видел... Примерно за 50 лет до этого события прославил насобем классик

немецкой поэзии Христиан Моргенштерн, посвятивший им следующие строки²:

На своих носах шагаем
Насобята с насобемами...
Сами о себе не знаем,
Не знакомы даже Брему мы.

И не Майер дал нас Миру,
Не включил в словарь
Брокгауз...
Моргенштерна злая лира
Извлекла на свет нас за нос.

На своих носах шагают...
Пусть не будет странно тем,
Кто случайно повстречает
Насобят и насобем.

Трудно сказать, побывал ли Моргенштерн на островах этого, в настоящее время уже затонувшего в глубинах Пацифики архипелага, или в руки поэта каким-то образом попало чучело насобемы. По воспоминаниям фрау Кати Цюллер, хорошо знавшей Моргенштерна, однажды вечером в 1894 г. Христиан в прекрасном настроении бродил по ее дому, напевая: "Хей-эй, хей-эй!" Похоже, известный лирик посещал когда-то затонувший остров; воспетая же им насобема — животное, передвига-

ющееся на всех своих четырех носах, — позднее была названа в его честь *Nasobema lyricum*³.

К моменту, когда над архипелагом Хей-Эй навсегда сомкнулись воды океана, фауна носоходок, относимых ныне к отряду *Rhinogradentia*, включала 14 семейств и 189 видов. Несмотря на то, что коллекция носоходок, к несчастью, не сохранилась, интерес к *Rhinogradentia* не пропал — известно более 50 публикаций по этой группе⁴. Первоначальные представления ученых об этих необычных животных были смутны и сбивчивы. Ситуация несколько прояснилась, когда в 1960 г. вышла в свет монография Х.Штюмпке — никому не известного немецкого зоолога, впервые описавшего строение и образ жизни ринограденций⁵. Нет ничего удивительного в том,

¹ Pettersson-Skamtkvist E. The discovery of the Hi-lay-Archipelago // J. A. geogr. 1943. №3. P.322.

² Morgenstern Ch. Galgenlieder. Berlin, 1905. (Пер. с нем. С.Степаньянц.)

³ Bromeante de Burlas y Tonterias J. A systematica dos Rhinogradentas //Bull. Darwin Inst. 1948. P.2.

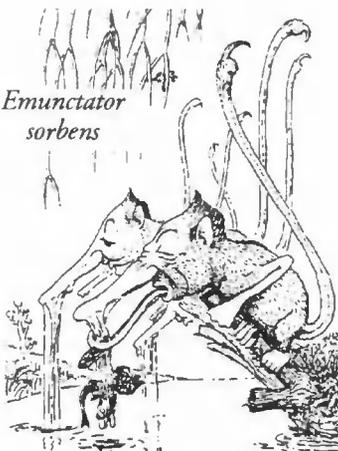
⁴ Combinatore M. Un pezzo di legno, appuntato trovato sulla spiaggia di Owsuddowsa. Milano, 1943; Schutliwitskij I. I. Hat Morgenstern die Rhinogradentier gekannt? (Russisch mit deutsch. Zusammenfassung). Berlin, 1947; Trufagura A. La cola de los Rhinogradentes // Boll. Arg. Rhin. 1948; Stulten D. The anatomy of the nasarium of Hopsorrhinus // Bull. Darwin. Inst. 1950. P.4 etc.

⁵ Stümpke H. Bau und Leben der Rhinogradentia. Stuttgart; Jena, 1960.

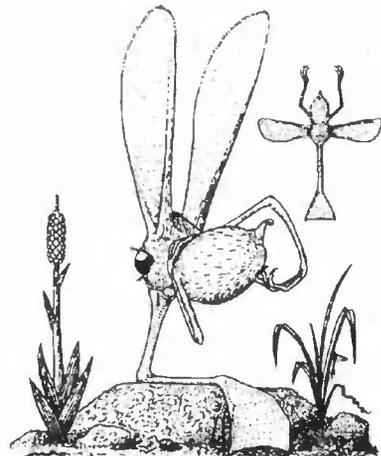
*Archirrhinos
haeckelii*



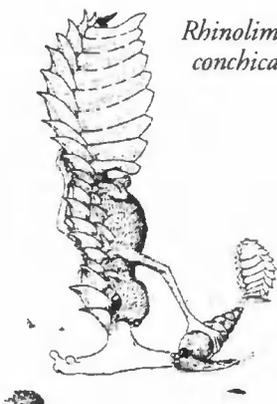
*Emunctator
sorbens*



*Otopteryx
volitans*



*Rhinolimacius
conchicauda*



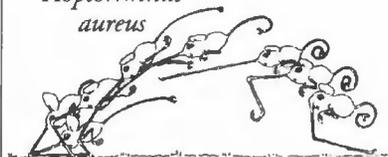
*Dulcicauda
griseaurella*



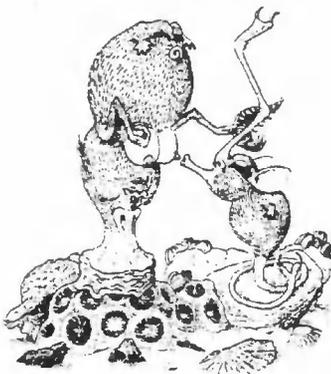
*Orchidiopsis
rapax*



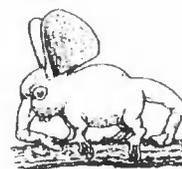
*Hopsorrhinus
aureus*



*Columnifax lactans
u
Hopsorrhinus mercator*



Phyllohoppla bambola



Самые древние и примитивные представители отряда Rhinogradentia — одноносы.



Nasobema lyricum



Tyrannonasus imperator



Corbulonasmus longicauda



Ranunculonasus pulcher



Mamontops ursulas



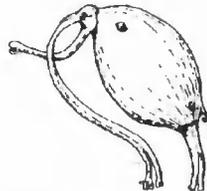
Eledonopsis suavis



Rhinostentor submersus



Rhinotaenia asymmetrica



Rhinotaenia tridacnae



Rhinostentor foetidus



Rhinotalpa phallonusus

Типичные представители носоходок — многоносы (вверху) и aberrантные специализированные комменсальные и паразитические носоходки.

что книга трижды переиздавалась на немецком языке (1972, 1993, 1998) и была переведена на английский (1967, 1982), французский (1962, 1983) и японский (1987).

Основная особенность всех представителей *Rhinogradentia* — насариум (от лат. *nasus* — нос), с помощью которого животные добывают пищу, перемещаются и прикрепляются к субстрату. Эволюцию насариума легко проследить на различных формах *Rhinogradentia*. Самые древние и примитивные из них одноносы: *Archirrhinos haeckelii* вставляли на нос лишь эпизодически, *Emunctator sorbens* использовали нос для процеживания ила и добывания пищи в воде, у *Phyllopoppla bambola* нос с клешней служил орудием прикрепления к веткам деревьев, многие другие одноносы стояли или ходили с помощью этого органа. Более продвинутые *Corbulonasmus longicauda* использовали свои носы только для лова насекомых, а органом прикрепления у них служил длинный хвост. Наконец, примерами типичных носоходок служат насобемы *N.lyricum* и *N.skamtkvistii*, хищные *Tyrannonasmus imperator* и гигантские малоподвижные многоносы *Mamontops ursulus*. Известны aberrантные специализированные комменсальные и паразитические носоходки (*Rhinotaenia asymmetrica*, *R.tridacnae*, *Rhinostentor submersus*, *Rfoetidus*, *Rhinotalpa phallonasmus*).

До последнего времени наука не располагала информацией, сохранились ли отдельные виды *Rhinogradentia* в акватории затонувших островов. Нам посчастливилось убедиться в том, что фауна *Rhinogradentia* не вымерла полностью, и науке еще предстоит открытия, связанные с таинственными носоходками. Но все по порядку...

В 1990 г. во время экспедиции на борту научно-исследовательского судна "Bipolar-

mond" в материале, который собрал один из авторов этих строк (А.Зельбстандер) в северо-западной части моря Уэдделла, у побережья о.Кювета, был найден неизвестный колониальный организм. Первоначально эта маленькая колония, обнаруженная в сублиторали на глубине 4—5 м, была идентифицирована как водоросль по наличию у нее ризоидов и ветвящегося столона. Главное отличие этой колонии от всех ранее известных — сильно утолщенная базальная часть, что характерно для молочаев — наземных растений рода *Euphorbia*. Позже, в результате более детального изучения колонии, было решено, что она принадлежит к одной из наиболее известных групп морских беспозвоночных — *Hydrozoa*, а точнее — к неизвестному роду отряда *Athecata*, у которых есть бульбовидные щупальца кормящего полипа и нет перисарка (скелетной оболочки) вокруг головки полипа.

Примерно в это же время другой автор статьи (С.Фелдоянц) занималась исследованием коллекции, собранной русскими биологами-аквалангистами А.Ганнибаловым и Е.Карговым в северной части моря Дейвиса, рядом с о.Гуднайт. В коллекции был обнаружен странный овальной формы организм, покрытый напоминающими чешую пластинками и дающий небольшие столоны с овальными почками. Кроме того, проба, взятая в планктоне у берегов острова, содержала маленьких медузок сходной морфологии. Идентифицировать эти организмы оказалось столь же трудно, что и находки немецкого коллеги.

Спустя несколько лет, во время совместной работы с антарктическими коллекциями в университете BPG, мы сравнили имеющиеся у каждого непонятные морские организмы. К тому времени коллекции пополнились аналогичным новым материалом. Совместное

исследование позволило сделать смелое предположение: найденные на мелководье у островов Кювета и Гуднайт непонятные организмы принадлежат к группе *Rhinogradentia*, открытой 50 лет назад на островах Хей-Эй и описанной Штюмпке. Обнаруженные у берегов Антарктиды животные выделили в два новых семейства — *Hydroidopsidae* и *Scyphoidopsidae*.

Для подтверждения правильности наших выводов мы обратились за консультацией к известному таксономисту профессору В.Ричворду, работающему в Лейдене. Первоначально профессор высказал сомнение по поводу подобной интерпретации, но позднее согласился с нашим мнением и продемонстрировал свою коллекцию с близкими по морфологии организмами, которые были собраны во время экспедиции "Onion Performance" у берегов о.Клозет. Ричворд любезно предоставил свой материал в наше распоряжение. Итак, попытаемся дать таксономические диагнозы трем новым видам *Rhinogradentia*, описать их поведение и экологию, воспроизвести жизненные циклы, а также определить место описываемых семейств в естественной системе группы.

Отряд *Rhinogradentia*
подотряд *Polyrrhina*
триба *Hexarbinida*

1. Семейство *Hydroidopsidae* fam.n.
род *Rbizoidonasus* gen.n.
вид *Rbizoidonasus euphorbiformis* sp.n.⁶

Туповой материал: голотип (N1/7843) хранится в коллекции BPG университета; паратипы (N2/1011 и N3/1012) — в коллекции PZR института. Материал собран в

⁶ Родовое название дано в связи с наличием ризоидов на носу, видовой эпитет означает сходство носов каждого зооида с корнями растения *Euphorbia*.



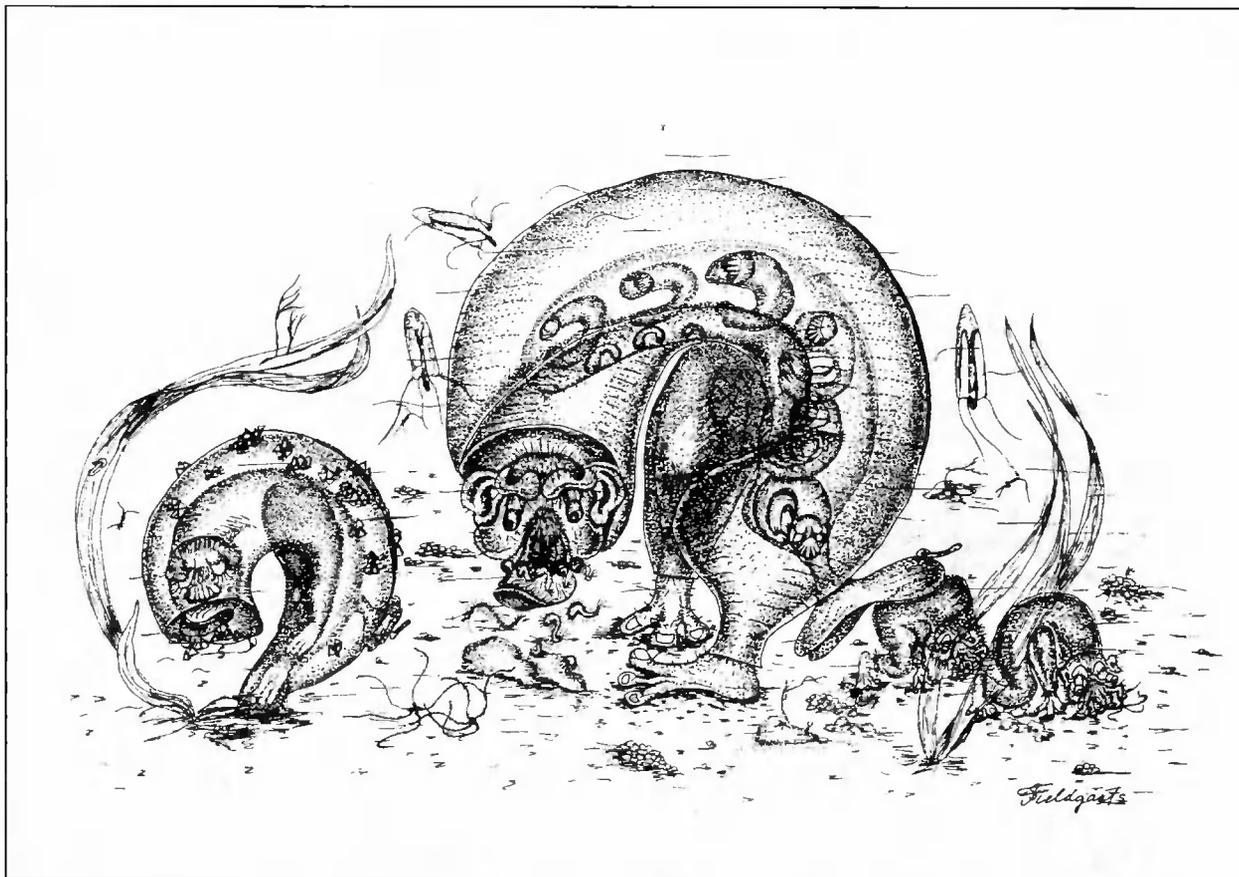
Колония *Rhizoidonasus euphorbiformis*, образованная материнским организмом, на ветвях хвоста которого висят молодые особи обоих полов.

феврале—марте 1990 и 1991 гг. в море Уэдделла у о.Кювета на глубине 5 м, грунт — песок с камнями.

Описание. Колонии до 20 см в высоту. Материнский организм прикреплен к грунту с помощью шести утолщенных в основании носов, каждый из которых имеет разветвленный ризоид, покрытый тонким роговым скелетом. Ризоид заканчивается присоской, обра-

щенной к грунту. Голова с двумя большими глазами и удлиненными ушами. Относительно короткое тело заужено в противоположном голове направлении. Тело и базальная часть каждого носа покрыты волосами. Передние конечности ("руки") и задние конечности ("ноги") имеют по два очень длинных пальца, каждый с когтем. "Руки" и "ноги" в верхней части опушены воло-

сками, а в нижней — заключены в наружный скелет. Чрезвычайно длинный полицифонный хвост разветвлен, на ветвях которого сидят молодые организмы обоих полов. Носы некоторых из них хорошо развиты, снабжены ризоидами и готовы к закреплению на грунте, тогда как носы самых молодых еще лишены ризоидов, но имеют по одной присоске.



Семья ларванасусов. Через прозрачную стенку внутренней камеры женской особи (в центре) видны личинки на разных стадиях развития. У другой, скорее всего мужской (слева), — редуцированы камера и ларватека. Вокруг материнского организма концентрируются червеобразные личинки.

Замечания. Материнский организм прикреплен к каменисто-песчаному грунту всеми четырьмя толстыми, прижатými один к другому носами, ризоиды которых простираются на расстояние нескольких сантиметров и могут оплетать талломы водорослей, присасываться к камням или раковинам. Чтобы удерживать равновесие, материнский организм прижимает уши к телу и как бы поддерживает себя вытянутыми вдоль него “руками”, при этом “ноги” животного цепко держатся когтями за собственный хвост.

Пока не ясно, как происходит репродукция описываемой колонии, не известно, мо-

гут ли ее образовывать взрослые мужские особи. Замечено, что заботится о потомстве материнский организм — молодые особи обоих полов висят у нее на хвосте. Как долго тянется эта связь, пока не установлено.

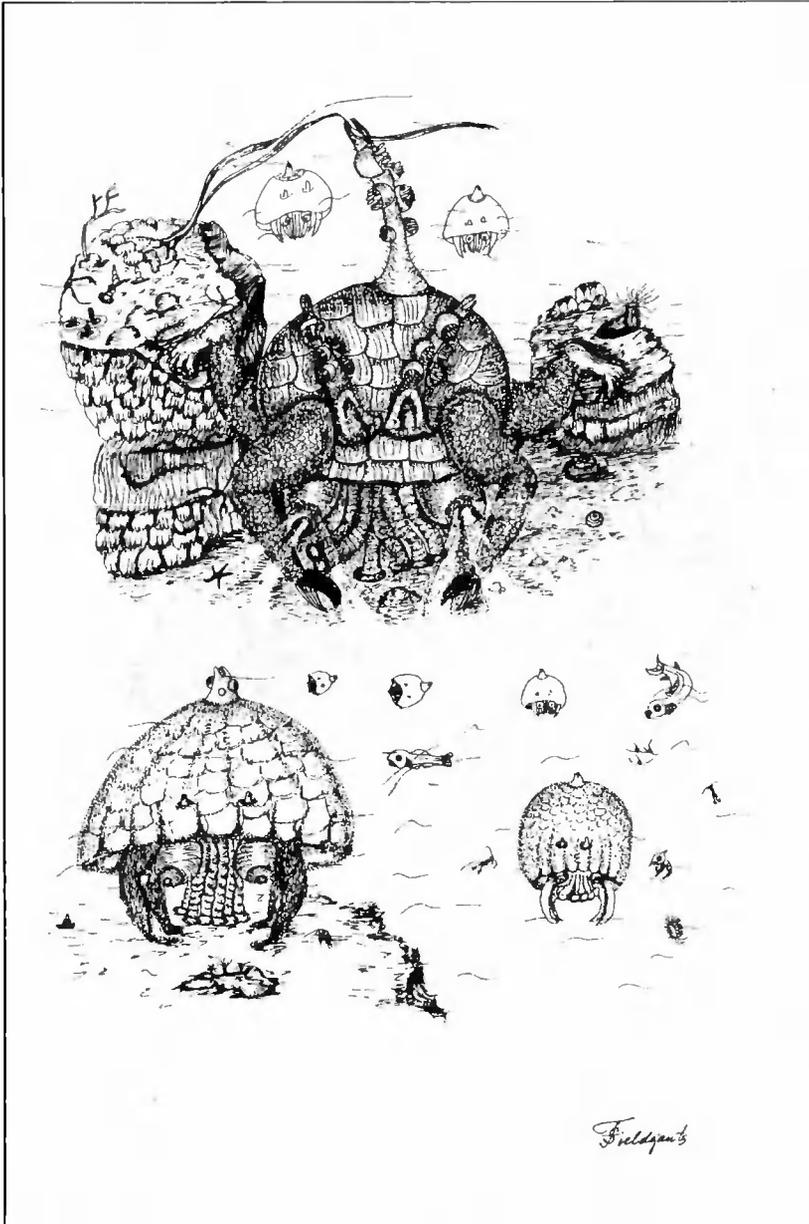
2. Семейство *Hydroidopsidae*
род *Larvanasus gen.n.*
вид *Larvanasus haleciformis sp.n.*⁷

Типовой материал: голотип (N1/10113) в коллекции

⁷ Родовое название дано в связи с тем, что нос выполняет двигательную функцию лишь у личинок этого вида, видовое — по сходству формы тела этих организмов с нотеками у гидроидов рода *Halecium*.

PZR института; паратипы (N2/2985) в PLN музее и (N3/7844, N4/7845) в ВРГ университете. Материал собран в январе 1980 г. в Индийском океане у о.Клозет на глубине 2 м на заиленном песке с камнями.

Описание. Вытянутое и изогнутое в виде знака вопроса тело (до 5 см в высоту) очень напоминает по форме половые зооиды на колониях представителей рода *Halecium (Hydrozoa)*. Оно покрыто тонким прозрачным наружным скелетом, сквозь который просвечивает внутренняя камера с 9—10 разновозрастными и сильно отличающимися по облику личинками — от



Взрослая (вверху) и пелагическая стадии нудиринусов.

червеобразных, покрытых нежным “мехом”, до рыбообразных или тюленевидных и, наконец, типичных для *Larvanasus* организмов. Это — прекрасный пример рекапитуляции органов в процессе онтогенеза. Камера связана с внешней средой воронкой — ларватекой. Полностью сфор-

мированные молодые ларванасы покидают материнскую камеру через ларватеку. Голова, шея и проксимальная часть трехпалых конечностей покрыты нежными волосками. Широкая голова материнского организма снабжена шестью короткими, узкими и так же опушенными носами, круп-

ными ушами, глазами на стебельках и непомерно большим ртом с широкими губами.

На том же месте был пойман другой взрослый экземпляр (скорее всего мужской) того же вида, но меньших размеров (3 см), с редуцированной камерой и ларватекой, погруженной под наружный скелет. Поверхность тела и края губ этого экземпляра покрыты диатомовыми водорослями. Кроме того, на грунте было обнаружено несколько крошечных особей (до 2 см), которые отличались от взрослых лишь длинными носами с присосками.

Замечания. В начале февраля на том же месте, где были встречены взрослые ларванасы, обнаружено множество червеобразных организмов около 1 см длиной. Первоначально они были приняты за плоских червей турбеллярий, но в конечном итоге идентифицированы как личинки ларванасусов. Интересно, что эти личинки концентрировались вокруг взрослых материнских особей и были найдены в каналах их носов, по которым, видимо, проникают в ларвальную камеру. Мужская особь ларванасуса представляет собой явно редуцированную форму (редуцированы ларвальная камера и ларватека). После вымета в воду половых продуктов мужские особи, видимо, ведут пассивный образ жизни, прячась в свою наружную скелетную оболочку. При этом питаются они тоже пассивно: диатомовые водоросли, обильно покрывающие поверхность их тел, проникают через нос в желудок с током воды, так же как основная пища ларванасусов — мелкие планктонные организмы. Есть основания полагать, что виду свойственно наружное оплодотворение, главенствующую же роль в жизненном цикле ларванасусов играют женские особи, вынашивающие молодь в ларвальных камерах. Найденные возле

материнского организма на камешках и песке детеныши передвигались на всех своих шести носиках и четырех ногах. Это означает, что редукция двигательной функции носа происходит лишь на взрослой стадии развития ларванасусов.

3. Семейство Scyphoidopsidae род *Nudirbinus gen.n.* вид *Nudirbinus medusiformis sp.n.*⁸

Типовой материал: голотип (N1/10114) хранится в коллекции PZR института, паратипы (N2/7845) — в BPG университете и (3/2986) — в RLN музее. Материал собран в феврале 1981 г. в море Дейвиса у о.Гуднайт на глубине 4 м на скальном грунте.

Описание. Маленький (2.5 см в диаметре), овальной формы организм покрыт толстым наружным скелетом в виде пластинок с тончайшими выростами, подобными биссусу у моллюсков. У этой специфической “раковины” нудиринуса есть четыре отверстия для конечностей, два — для ушей и еще одно — для хвоста. Как правило, голова находится внутри раковины, снаружи можно видеть лишь очень длинные уши, крупные овальные глаза и шесть носов с присоской на каждом. Взрослые организмы стоят на грунте и передвигаются по скале с помощью носов. Глаза светятся в темноте голубым светом, что характерно для некоторых морских беспозвоночных (например, гидроидов рода *Obelia*). Природа свечения, возможно, связана с наличием в тканях животного особых клеток фотоцитов, содержащих Ca²⁺-зависимый фотопротейн. Если эта версия будет подтверждена и позже удастся обнаружить места скопления нудиринусов, возможно, эти животные будут

использованы в медицине для ранней диагностики злокачественных заболеваний, подобно препаратам “экворину” и “обелину”, получаемым из некоторых морских гидроидных⁹. Передние конечности (“руки”) заканчиваются типичными клешнями для взрыхления грунта, задние (“ноги”) — четырьмя пальцами. Такое строение конечностей обеспечивает животным передвижение по скальному грунту.

Самая интересная особенность нудиринусов — образование почек на их хвостах и ушах. Как показали дальнейшие исследования, эти почки развиваются в пелагические формы. Наличие вегетативной стадии — феномен, абсолютно не свойственный ринограденциям. Прикрепленные почки можно видеть на хвостиках и ушках даже личинок. Лапки и носики также становятся различимыми у пелагических личинок в момент их оседания на грунт. Пелагические личинки нудиринусов очень похожи на сцифомедуз: желеобразное тело напоминает зонтик, носы — ротовые лопасти медузы¹⁰.

Замечания. Репродукция нудиринусов неизвестна. Пол трех найденных экземпляров установить не удалось. Возможно, они — гермафродиты. Но есть и другая версия, согласно которой пелагическая стадия — носитель пола животного. В таком случае правомерен вопрос, что считать эволюционно первичным — донный или пелагический образ жизни группы ринограденций. По-видимому, эволюционно пелагическая стадия — не что иное, как трансформированный донный ор-

ганизм¹¹.

Обнаружение трех новых представителей *Rhinogradentia*, принадлежащих к трем новым родам и двум новым семействам, ставит перед наукой очень важные теоретические вопросы.

1. Насколько реально существование и поныне фауны *Rhinogradentia*? Для решения этого вопроса возможно использование нескольких подходов, в том числе и нумерического — например, статистической конструкции для определения потенциального родового разнообразия группы¹².

2. Каким может оказаться современный ареал этой группы? Как известно, первые находки *Rhinogradentia* сделаны на затонувших ныне островах южной части Тихого океана, наши — в холодных водах Южного океана. По-видимому, *Rhinogradentia* — биполярная группа животных, обитающих в холодных водах океана, в том числе и на глубинах Центральной Пацифики, в Южном океане, и, вполне возможно, они будут обнаружены в холодных или умеренных водах Северного полушария¹³.

3. Каково филогенетическое положение этой группы? В монографии Штюрмке дано эволюционное древо родов *Rhinogradentia*. Мы попытались найти место на этом древе описанных выше новых таксонов. Несомненно, что все три рода должны находиться на правой ветви, между родами *Eledonopsis* (22) и *Cephaloanthus* (24). Эти роды принадлежат к группе *Hexarrhinida* (шесть носов). Как известно, *Eledonopsis suavis* имеют каналы в носу, сквозь которые пища прохо-

⁸ Родовое название дано по голым, неопкрытым волосками, носам; видовое — означает сходство со сцифомедузами.

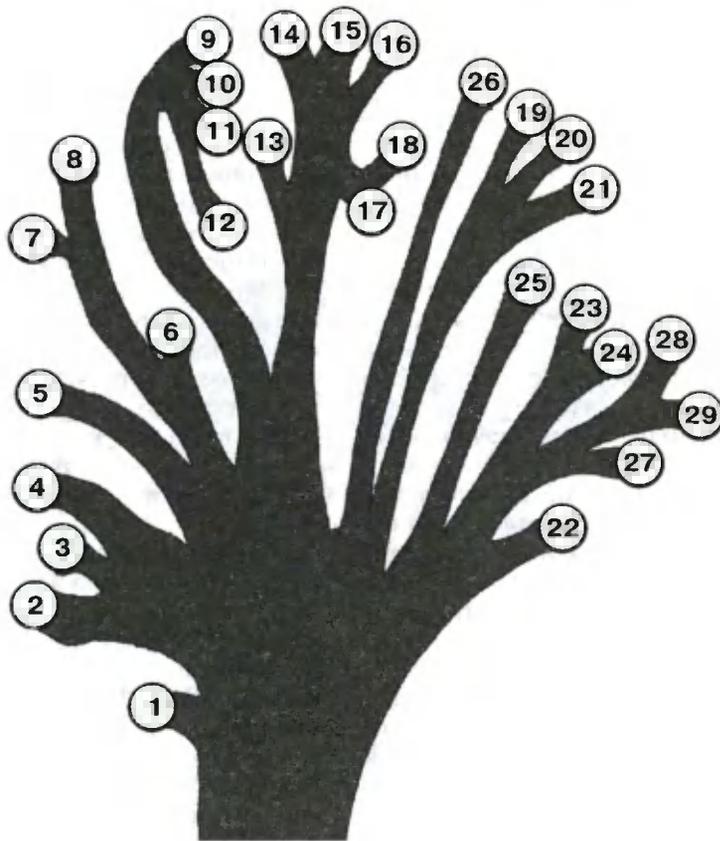
⁹ Hightsky E. Ca²⁺-dependent photoproteins and bioluminescence of marine invertebrates. Proc. Internation. Invertebr. Conference. 1999.

¹⁰ Greyvain L. Evolution of the scyphomedusae behaviour // Proc. Behaviour Internation. Conf. 1989.

¹¹ Offerro F. Life history of some low invertebrates // Phil.-Evol. J. 1969. №6. P.61.

¹² Nonsensevitch A. How many genera will be described during the closest future // Phil.-Evol. J. 1994. №3. P.105.

¹³ Fieldojants S., Selbstander A. Problem of bipolarity on the marine invertebrate example. Phil.-Evol. J. (in print).



Филогенетическое древо *Rhinogradentia*.

- 1 – *Archerrhinos*,
- 2 – *Nasolimaceus*,
- 3 – *Emunctator*,
- 4 – *Dulcicauda*,
- 5 – *Columnifax*,
- 6 – *Rhinotaenia*,
- 7 – *Rhinosiphonia*,
- 8 – *Rhinostentor*,
- 9 – *Rhinotalpa*,
- 10 – *Enterorrhinus*,
- 11 – *Holorrhinus*,
- 12 – *Remanomachus*,
- 13 – *Phyllohoppla*,
- 14 – *Hopsorrhinus*,
- 15 – *Mercatorrhinus*,
- 16 – *Otopterix*,
- 17 – *Orchidiopsis*,
- 18 – *Liliopsis*,
- 19 – *Nasobema*,
- 20 – *Stella*,
- 21 – *Tyrannonasus*,
- 22 – *Eledonopsis*,
- 23 – *Hexanthus*,
- 24 – *Cephalanthus*,
- 25 – *Mammontops*,
- 26 – *Phinochilopus*,
- 27 – *Larvanasus*,
- 28 – *Rhizoidonasus*,
- 29 – *Nudirhinus*.

(С 1 по 26: Stumpke H., 1960.)

дит в желудок животного. Носы *Larvanasus baleciformis* имеют каналы сходной конструкции. Таким образом, мы помещаем наш род *Larvanasus* в основании ветви. В то же время хорошо известны колониальные *Hexanthus* и *Cephalanthus* (*Ranunculonasus* и

Corbulonasus). Мы помещаем наш род *Rhizoidonasus* (28) рядом с этими троль-цветоносами (23 и 24). Наконец, наш *Nudirhinus* (29) может быть помещен рядом с *Rhizoidonasus*, поскольку представители обоих родов имеют в той или иной форме выра-

женные колонии. К сожалению, отсутствие живого материала лишает нас возможности использовать в наших филогенетических построениях молекулярно-биологические методики.

Авторы признательны В.Ричворду за консультации и скепсис, столь полезный при решении спорных вопросов. Мы благодарим Г.Шумахера, ученика известного немецкого зоолога Г.Штайнера, хорошо знающего историю открытия *Rhinogradentia*. Наши теплые приветствия и благодарности Д.Свободе (Бохум, Германия), которая ознакомила нас со стихами Х.Моргенштерна и постоянно поддерживала нас при написании этой статьи. Мы благодарны Л.Гроздиловой (заведующей библиотекой PZR института), Н.Слепковой и Б.Анохиной за понимание и поддержку. ■

Степан Прокофьевич Тимошенко — основатель американской школы прикладной механики

“Разбросанные по всей Америке”

М.Ю.Сорокина

Архив РАН
Москва

В России мало известна судьба первой волны русской научной эмиграции, достигшей североамериканского берега. Она как бы растворилась на всем континенте, не создав там, в отличие от Европы, своих “национальных” институций¹. “Русских академических организаций здесь нет никаких, руководящих людей тоже нет, — констатировал историк М.М.Карпович в 1927 г. — Есть отдельные лица, разбросанные по всей Америке, как Ростовцев, Васильев, Сорокин, Максимов², но никто из них никогда не проявлял желаний объединиться или руководить”³. “Русская академическая группа” — традиционное для предвоенной Европы эмигрантское объединение русских ученых (такие группы были в Великобритании, Франции, Германии Италии, Польше, Бельгии, Латвии, Эстонии, Болгарии, Швеции, Швейцарии, Чехословакии и др.) — возникнет в США только в 1948 г., после значительного притока русских, теперь уже “европейских”, беженцев⁴.

¹ Правда, в 1919 г. в Нью-Йорке и Чикаго появились русские научные университеты, однако их названия не должны дезориентировать — это скорее “народные университеты”.

² Ростовцев Михаил Иванович (1870—1952) — историк античности; Васильев Александр Александрович (1867—1953) — византист; Сорокин Питирим Александрович (1899—1968) — социолог, философ; Максимов Александр Александрович (1874—1928) — гистолог, эмбриолог.

³ Письмо М.М.Карповича Г.В.Вернадскому // Bakhmeteff Archive of Russian and East European History and Culture (далее — BAR) (Колумбийский ун-т, США). G.Vernadsky Coll. Box 3.

⁴ Впрочем, нью-йоркская академическая группа, возглавляемая А.И.Петрункевичем (см. ниже в тексте статьи), возникла еще в 1931 г., но это была именно “группа”.

© М.Ю.Сорокина

Парадоксально, но и без того скудная литература о русской научной эмиграции 20—30-х годов концентрирует свое внимание преимущественно на Европе и на ученых-гуманитариях. Между тем именно в США многие выходцы из России достигли мирового признания, преодолев языковые границы “национальной” науки. Достаточно назвать имена авиаконструктора И.Сикорского, автора фундаментальных изобретений в области электронного телевидения В.Зворыкина, химика В.Ипатьева, механика С.Тимошенко, экономиста В.Леонтьева, социолога П.Сорокина, физика Г.Гамова, биологов Ф.Добржанского, А.Романова, В.Болдырева, С.Сатиной и Е.Баратынской-Сорокиной, математика Я.Успенского, химико-физика Г.Кистяковского, астронома О.Струве, биофизика Н.Рашевского, историков М.Ростовцева, А.Васильева, Г.Вернадского, япониста С.Елисеева, юриста В.Гензеля, инженера-строителя Г.Чеботарева, инженера-кораблестроителя В.Юркевича⁵. А еще — Р.Вишняк, И.Толмачев, П.Гальцов, Е.Холлодковский, Н.Бородин, Б.Бахметев, А.Авинов, Н.Мартинович и др. Список этот можно долго расширять, продолжая наполнять словник новейшей биографической энциклопедии “Русское зарубежье. Золотая книга эмиграции. Пер-

⁵ Многие из них стали героями очерков, опубликованных в “Природе”. См., напр.: Борисов В. П. Владимир Козьмич Зворыкин // Природа. 1998. №7; Ермолаева Н. С. Яков Давыдович Тамаркин. В Америке его звали Джей Ди // Там же. 1998. №8; Михеев В. Р. Игорь Иванович Сикорский // Там же. 1998. №9; Сорокина М. Ю. Георгий Владимирович Вернадский // Там же. 1999. №2; Остерброк Д., Гурштейн А. А. Последний из мигрант: Отто Людвигович Струве // Там же. 1999. №3.

Возвращение

вая треть XX века” (М., 1997), которая содержит преимущественно хорошо известные имена.

Русская научная эмиграция в Америке существенно отличалась от европейской⁶. По сути к ней мало приложимо само понятие “эмиграция” в европейском смысле и тем более образ “волны”, столь зримо характеризующий ситуацию в Европе 20-х годов, когда нескончаемый поток русских беженцев буквально захлестнул не подготовленный к такому социально-демографическому катаклизму Старый Свет.

В ожидании скорого, как казалось многим, возвращения на родину, русская эмиграция стала создавать в Европе параллельное большевистской России пространство, в котором стремилась в основных чертах воспроизвести привычный уклад жизни и отношений. В этом новом мире одной из *idées fixe* стала задача сохранения и развития именно национальных научных кадров. Создавая широкую национальную научную инфраструктуру в Европе — собственные институты, общества, профессиональные союзы, издательства, журналы, учебные заведения разных уровней (все названия которых начинались со слова “русский”), русская европейская эмиграция тем самым как бы консервировала себя.

И если для многих, но, как правило, уже состоявшихся, гуманитариев, прежде всего философов и историков, такой уход в глубь “национального тела” во многом был позитивен, то для естественных наук — почти смертелен. Характерно, что в европейских университетах свое место находили чаще всего русские ученые со сложившейся репутацией, а объективно возникший в “чемоданных” условиях эмиграции научный и образовательный изоляционизм больше всего ударил по молодежи.

Иначе складывалась ситуация в США. Эмиграция в эту страну жестко регулировалась законодательством и имела строго индивидуальный характер. Считается, что в период между двумя мировыми войнами в страну приехало около 20 тыс. русских⁷, в среднем 2-3 тыс. ежегодно. Система национальных квот и ограничения на въезд иммигрантов, принятые в 1921 г., учитывали именно место рождения, а не гражданство или страну пребывания эмигранта, закладывая и обеспечивая направленную этническую селекцию приезжающих.

В послеоктябрьские годы русские ученые попадали в Америку, как правило, уже из Европы (хотя значительный приток русских эмигрантов был и из Китая). Пересекая гра-

ницу США, беженцы, юридически признаваемые таковыми Лигой наций, сразу лишались этого статуса и его немногих привилегий. Но обычно они ехали целенаправленно, имея в кармане предложения первой работы. Тем более это относилось к ученым, которые приглашались американскими компаниями или университетами. Пройдя часто очень суровый период “американизации” — натурализации и адаптации к условиям абсолютно новой для них системы научной и учебной деятельности — и получив конкретные перспективы, люди науки быстро теряли специфически эмигрантский менталитет, а дистанция в океан физически ощутимо разрушала иллюзии возвращения.

Конечно, реальная картина американских “трудов и дней” наших соотечественников далека от идиллической. Одни, как, например, бывший ассистент И.П.Павлова, профессор Казанского университета В.Н.Болдырев или гидролог, профессор Петербургского политехнического Б.А.Бахметев, возглавили свои лаборатории, институты или кафедры, другие, как сын В.И.Вернадского, историк Георгий Вернадский, потратили не один десяток лет, чтобы достичь более или менее прочного университетского положения, а некоторые, как математик Евгений Холодковский, погибли, не успев оставить заметного следа в науке.

Русские ученые-эмигранты, оказавшиеся в Америке, были в целом существенно моложе тех, которые остались в Европе, а значит, и социально мобильнее. Необходимость подтвердить свою профессиональную репутацию — русские чины и звания не признавались — скорее стимулировала, чем служила непреодолимым препятствием карьере. То же касалось языка. Если в Европе существовала возможность жить в почти автономном русском языковом анклав, то в Америке его попросту не было. Отсутствие же “национальных” организационных форм науки стало одним из важных факторов быстрого вживания русских ученых в поначалу инородную профессиональную ткань и в конечном счете способствовало их интеграции в мировую науку.

Уже отмечалось, что даже в новейших работах по истории русской эмиграции, в частности в книге М.Раева “Россия за рубежом”, практически игнорируется вклад русских ученых-естественников⁸. Это тем более странно, что, следуя законам “promotion”, русские ученые-

⁶ Попытку сравнительного анализа см.: Hassel J. E. Russian Refugees in France and the United States between the World Wars // Transactions of the American Philosophical Society. V.81. Part.7.

⁷ Simpson J. H. The Refugee Problem. L., 1939. P.468—469. Понятие “русский эмигрант” означает “выходец из России”, а не национальную принадлежность.

⁸ Русский перевод этой работы, изданной в 1990 г., быстро появился у нас — в 1994 г. Отметим, что монография М.Раева представляет собой ценную попытку целостного описания феномена русской эмиграции как самостоятельной “культуры”.

⁹ См.: Борисов В. П. Российская научная эмиграция первой волны // Российские ученые и инженеры в эмиграции. М., 1993. С.12.

“американцы”, в отличие от “европейцев” оставили массу опубликованных воспоминаний о своей жизни и научной карьере. Успешно ассимилировавшись в США, они продолжали идентифицировать себя с русской культурой.

Интереснейший и почти совершенно не изученный сюжет — русские колонии в США, своего рода Little Russia, частью которых были и своеобразные научные (или научно-технические) коммуны в Нью-Хейвене, Питсбурге, Чикаго, Нью-Йорке и др., по мере своего укрепления оказывавшие большую моральную и материальную поддержку соотечественникам. Так, Игорь Сикорский, начиная производство своего первого самолета, имел практически полностью русский персонал и инвестиции русской колонии в размере 200 тыс. долл.

Russian Collegiate Institute в Нью-Йорке, основанный на деньги Carnegie Foundation в 1918 г., предоставлял русским ученым гранты на исследования. Нельзя не упомянуть о том, что президентом этого института был Александр Иванович Петрункевич (1874—1965) — крупнейший зоолог, в течение десятков лет профессор Йель-

ского университета и президент Центрального исполнительного комитета Федерации русских организаций в США. Сын известного русского либерала И.И.Петрункевича, он покинул Россию еще в 1903 г. Бесспорный научный и личный авторитет сделали его одним из неформальных лидеров всего русского мира Америки.

Но сегодня, на этих страницах, у нас волей случая другой герой. Читателя ждут рассказ о Степане Прокофьевиче Тимошенко и его письма 20-х годов — начала американского периода, адресованные В.И.Вернадскому (они хранятся в фонде его сына, историка Г.В.Вернадского, в Бахметевском архиве Колумбийского университета). Жизненный путь Тимошенко пролегал в координатах места и времени, близких к траекториям судеб, выпавших на долю многих упомянутых здесь лиц. Тем интереснее взглянуть в картину эпохи, индивидуальные черты Степана Прокофьевича и повороты обстоятельств — во все то, что не помешало состояться его научной карьере и, напротив, позволило ему внести беспрецедентный вклад в мировую науку. ■

“Америка мне определено не нравилась”

В.П.Борисов,

кандидат технических наук

*Институт истории естествознания и техники
Москва*

С членом Французской академии наук Полем Жерменом мы беседовали в знаменитом Institut de France, на набережной Конти. Меня интересовало его мнение о ряде российских ученых, проводивших значительную часть жизни во Франции. Жермен был по-французски любезен, его оценки, несмотря на лаконичность, содержали немало любопытного. И все же разговору чего-то не хватало, мой собеседник явно не “загорался”. Неожиданно лицо его оживилось.

— Если говорить о русских эмигрантах, — произнес он, — то мне посчастливилось встречаться с одним действительно выдающимся ученым. Это был Стефан Тимошенко, корифей при-

кладной механики. Правда, он работал не во Франции, а в Америке. Но это не имеет значения. Тимошенко был фигурой мирового масштаба.

Жермен задумался, подыскивая слова, чтобы точно выразить мысль.

— Знаете, масштаб ученого определяется тем, насколько изменилась в результате его деятельности та или иная область науки. Русский Тимошенко научил американцев прочностным расчетам. До него в этой области существовал один уровень, а благодаря его работам наука о сопротивлении материалов, деформациях и устойчивости механических систем перешагнула на другой. Если в вашей стране о Тимошенко знают мало, напишите о нем. Это был крупнейший ученый и замечательный человек.

© В.П.Борисов

“Доклады А.Н.Крылова указали мне направление”

Степан Прокофьевич Тимошенко родился 23 декабря 1878 г. в селе Шпотовка Конотопского уезда Черниговской губернии (ныне Сумской обл.). Отец его, по профессии землемер, позже стал хозяином небольшого имения. Среднее образование Степан Тимошенко получил в реальном училище города Ромны, где его одноклассником оказался будущий академик А.Ф.Иоффе.

В 1896 г. Тимошенко отправился в Петербург, чтобы поступить в Институт инженеров путей сообщения, или, как его чаще называли, Путейский институт. В те времена это был весьма престижный, единственный транспортный вуз России, где работали крупные математики и механики, академики В.И.Висковатый, М.В.Остроградский, В.Я.Буняковский, И.И.Сомов, известные французские ученые П.Базен, Б.Клапейрон, Г.Ламе, К.Потье, основоположники отечественной транспортной науки П.П.Мельников, Д.И.Журавский, Н.А.Белелюбский, Л.Ф.Николай, Ф.С.Ясинский и др.

Наибольшее влияние на Тимошенко оказал курс лекций известного исследователя в области строительной механики и теории упругости Ясинского. “В его лице высшая школа имела не-



Степан Прокофьевич Тимошенко. 1878—1972.

обычное соединение выдающегося инженера-практика с одаренным ученым, — вспоминал позже Степан Прокофьевич, — аудитория Ясинского всегда была переполнена. Студентов привлекали ясность и логичность его изложения, постоянные ссылки на новые проблемы, которые возникали в его собственной инженерной практике”¹.

Окончив институт в десятке лучших, Тимошенко был оставлен для работы в качестве ассистента механической лаборатории. Вскоре он понял, что для продвижения вперед ему явно недостаточно познаний в математике. Знакомые специалисты советовали ему заняться штудированием объемистых курсов. “Но я чувствовал, — вспоминал он, — что это не то, что мне было нужно. Инженер не может погрузиться в изучение математики для математики. Для него математика — только инструмент для решения практических задач. Инженер должен знать, как соответствующее учение может быть приложено на практике. Этому математики в своих курсах не учат и при бывшей у нас системе преподавания не могли учить, так как их математический интерес был совершенно оторван от областей приложения математики”.

Помог случай. Тимошенко попал на выступления выдающегося математика, механика и кораблестроителя А.Н.Крылова: “Крылов показывал, как инженерные проблемы могут быть представлены при помощи дифференциальных уравнений <...>. Доклады А.Н.Крылова указали мне направление, куда я должен идти, к чему должен приложить свои силы”.

Большую помощь молодому ученому принесли также встречи с В.Л.Кирпичевым, одним из ведущих отечественных специалистов в области механики и сопротивления материалов.

В 1903 г. Тимошенко переходит работать в механическую лабораторию Петербургского политехнического института. Во время летнего отпуска 1904 г. он едет в Мюнхен, где встречается с известным механиком профессором А.Фепплем; в течение шести недель посещает его лекции и занятия в лаборатории прочностных исследований.

В период революционных событий 1905 г. занятия в Петербургском политехническом институте были приостановлены. Не теряя времени, Тимошенко отправляется в Геттинген, в только что организованный институт прикладной механики (возглавляемый Л.Прандтлем), где проводит исследование проблемы устойчивости балок, которое затем вошло в его диссертационную работу.

“Дело было не в том, что я изучил что-либо, — писал он, — а в том, что я увидел, как наука творится, и это имело большое психологическое влияние на всю мою последующую деятельность”.

¹ Здесь и далее воспоминания Тимошенко цитируются по: As I Remember (Vospominaniya). Princeton (New York), 1968.

“Широкое использование научного метода”

К 28 годам Тимошенко стал глубоко образованным ученым, получившим опыт исследовательской и преподавательской работы. Киевский политехнический институт приглашает перспективного специалиста занять должность профессора на кафедре сопротивления материалов, и в конце 1906 г. Степан Прокофьевич переезжает в столицу Украины. Здесь он принимается за оснащение подчиненной ему лаборатории механических испытаний новейшими приборами, сам проводит эксперименты в свободное от лекций время. В 1909 г. его избирают деканом инженерно-строительного факультета.

Киевский период в жизни Тимошенко занял немногим более четырех лет. В 1911 г. он вместе с группой профессоров подписал резкий протест против действий министра просвещения Л.Кассо, окончательно лишивших вузы автономии. Ответ правительства последовал незамедлительно: деканы А.Н.Нечаев, Тимошенко и К.Г.Шиндлер были уволены из Киевского политехнического института.



Петербург. Слева вверху — Институт инженеров путей сообщения, в котором в 1896–1904 гг. учился Тимошенко; справа — Политехнический институт, где в 1903–1906 гг. он работал.

На какое-то время Тимошенко остается без средств к существованию. В конце лета 1911 г. опальный профессор возвращается в Петербург, к альма-матер, учителям и однокашникам. Здесь легче найти работу, скоро ему удастся совмещать почасовые занятия в Политехническом и Электротехническом институтах с консультированием по вопросам прочности на судостроительном заводе.

Совет Путейского института присуждает своему выпускнику премию им.Д.И.Журавского “за выдающиеся работы по строительной механике”. Вместе с золотой медалью Тимошенко получает 2500 золотых рублей. На эти средства Степан Прокофьевич совершает вместе с женой путешествие в Швейцарию и Италию, а оттуда отправляется в Кембридж, на математический конгресс.

В январе 1913 г. приходит конец опале: Тимошенко утвержден в должности профессора сразу в двух институтах — Путейском и Электротехническом. Он погружается в исследования по теории изгиба балок и одновременно готовит к печати курс теории упругости.

Начинается первая мировая война, Россия вступает в череду потрясений. Занятия в институтах пока еще продолжаются, Тимошенко до осени 1915 г. усиленно работает над второй частью курса теории упругости, включающей рассмотрение деформаций стержней и пластин.

В Петрограде разворачиваются революционные события. В августе 1917 г. Тимошенко отвозит семью в Киев к родителям, а сам возвращается, читает лекции и с увлечением работает над новой книгой о статике сооружений.

После Октябрьской революции, накануне нового года, Степан Прокофьевич едет проведать семью. Тем временем территория России оказалась разделенной фронтами, и Тимошенко пришлось на продолжительное время задержаться в Киеве. В похожей ситуации оказался академик





Киевский политехнический институт. Здесь в 1906 г. Тимошенко занял должность профессора на кафедре сопротивления материалов.

В.И.Вернадский. Оба ученых были приглашены весной 1918 г. в Киев на заседание комиссии, разрабатывавшей проект создания Украинской академии наук, и приняли деятельное участие в обсуждении ее устава и структуры.

Тимошенко согласился составить докладную записку об организации отдела прикладных наук при физико-математическом отделении. Незадолго до этого ему довелось обсуждать с А.Ф.Иоффе проблему повышения роли математики и физики в инженерных науках. Теперь представился случай изложить давно вынашиваемые мысли.

“Характерная черта современного развития промышленности и техники, — писал Тимошенко во вступительной части записки, — это широкое использование научного метода и собранных наукой фактов. Времена, когда наука и техника шли

разными путями, уже прошли, и теперь для решения сугубо технических заданий пользуются могучим орудием, какое дают нам математика и механика. Пользуются методами экспериментальных наук и широко приспособливают их для решения технических заданий лабораторным путем”.

В подтверждение своих мыслей Тимошенко приводит примеры использования на практике результатов фундаментальных и прикладных исследований в США, Германии, Англии и Франции. Он предлагает будущей академии взять на себя функции по объединению усилий ученых, деятелей техники, работников промышленности:

“Представители технической науки будут иметь возможность в большей мере, нежели теперь, пользоваться научными методами и накопленными чистой наукой знаниями. С другой сто-



У здания этого института 40 лет спустя. Справа от Тимошенко — его биограф, профессор Г.С.Писаренко, и дочь Анна.

роны, и представители чистой науки в области прикладного природоведения наткнутся на целый ряд новых, еще не исследованных вопросов, что их решение не только обогатит науку, но и будет способствовать развитию промышленности и технической жизни края. В области экспериментального опыта люди науки смогут использовать те могучие средства, которые дает в руки экспериментатора современная техника”.

Эти идеи, со временем получившие широкое признание, тогда были новым веянием. Академия наук УССР позднее стала инициатором расширения академических дисциплин за счет включения в них технических наук. Многие последующие решения и меры по широкому внедрению результатов научных достижений в практику можно в той или иной степени считать дальнейшим развитием предложений, высказанных Тимошенко.

В Европу!

1919-й год оказался последним в российском периоде жизни Тимошенко. Какое-то время он читал лекции в Киевском политехническом институте, где хорошо помнили его мужественное выступление против реакции. Но в конце августа в Киев вошла армия Деникина. Научные учреждения стали закрываться, собрания Украинской академии наук были прекращены. Занятия в институте осенью 1919 г. даже не начинались. Тимошенко вместе с семьей выбирается в Крым, где встречает бывшего коллегу по Петербургскому политехническому институту А.П.Фан-дер-Флита. Обсудив ситуацию, они приходят к единому решению: нужно переправиться в Европу. С большим трудом друзьям удается получить места в трюме француз-

ского корабля, отплывающего в Константинополь. В марте 1920 г. Тимошенко вместе с семьей добирается до Белграда. Здесь уже много эмигрантов из России, найти работу невозможно. Узнав, что в Загребе недавно открылся Политехнический институт, Степан Прокофьевич отправляется в столицу Хорватии. В апреле 1920 г. он, наконец, становится профессором кафедры сопротивления материалов Загребского политехнического института.

В книге американского историка М.Расва “Россия за рубежом” русские эмигранты первой волны сравнивались с наспех вырванными растениями, корни которых остались в прежней, родной почве. Подавляющему большинству из них, включая и тех, кому удалось найти себя в чужой стране, пришлось столкнуться с лишениями и моральными страданиями.

“В Югославии я живу в полной нужде, — писал Тимошенко, — не имею своего жилья и вынужден ютиться с семьей в лабораторных помещениях”. Свои лекции он должен был читать на хорватском языке, его изучение в короткие сроки потребовало больших усилий. Постепенно работа наладилась, Тимошенко начал выходить из режима перенапряжения.

Завершив весенний семестр 1921 г., Степан Прокофьевич получил возможность выехать в заграничную командировку. Посетив интересующие его лаборатории в Мюнхене, Штутгарте, Карлсруэ и Париже, направился затем в Великобританию. Пребывание в Лондоне он использовал для ознакомления с научно-технической литературой, отсутствовавшей в Загребе, после чего принял участие в конгрессе Британской ассоциации развития науки, проходившем в Эдинбурге, и съезде Общества немецких естествоиспытателей, состоявшемся в Иене. В Эдинбурге и Иене Тимошенко встретил много знакомых, среди которых были командированный советским правительством в Кембридж П.Л.Капица, работавший в Лейденском университете П.Эренфест и др. Участие в конгрессе и съезде, контакты с коллегами из разных стран стали приятным событием для ученого, лишенного в течение трех лет возможности вести нормальную работу.

Следующий учебный год в Загребском политехническом институте Тимошенко работал с присущей ему активностью, особенно много сделав для организации хорошо оборудованной лаборатории испытания материалов на прочность.

Весной 1922 г. Степан Прокофьевич получил письмо из США от своего ученика по Петербургскому политехническому институту Зелова. Бывший студент сообщал, что работает в Филадельфии в небольшой компании, занимающейся вопросами устранения вибраций в машинах и механизмах. Президент компании, русский инженер Акимов, знает Тимошенко по трудам и предлагает перейти на работу в его фирму.

Предложение было выгодным в финансовом плане, тем не менее ученого одолевали сомнения относительно целесообразности переезда в Америку. Хотя Тимошенко не приходилось раньше бывать в США, интуиция подсказывала, что в этой стране потребуются изменить сложившийся в прежние годы стиль работы. Наконец, Степан Прокофьевич принял компромиссный вариант: поехать в США на три летних месяца, а окончательное решение принять к началу осеннего семестра.

“Америка мне определенно не нравилась”

Уже в первые дни пребывания в США Тимошенко отметил низкий уровень технического образования. В Нью-Йорке его внимание привлекла проходившая по улицам городская наземная железная дорога. Ее металлические конструкции поразили инженерной безграмотностью. Посещая впоследствии библиотеку Института Франклина, Тимошенко отметил, что техническую литературу в Филадельфии мало кто читает.

Компания, пригласившая Степана Прокофьевича, получала разнообразные заказы, связанные с устранением вибрации в недостаточно уравновешенных машинах. Для Тимошенко вникнуть в эти проблемы не составляло труда; к концу лета он решил важную для компании задачу расчета коленчатых валов, существенно дополнив теорию их изгиба и кручения. Статья об этой работе открыла начало многолетнему сотрудничеству Тимошенко с Обществом американских инженеров-механиков.

Подошел сентябрь, нужно было принять решение, оставаться в США или возвращаться в Загреб.

“Америка мне определенно не нравилась, — признавался позже ученый. — Здесь инженерной наукой никто не интересовался, я чувствовал, что придется жить в научном одиночестве. Оставаясь в Загребе, я был ближе к научным центрам. Я мог иногда участвовать в научных съездах. Мог печатать свои работы в наилучших европейских изданиях. Но если обратиться к материальной стороне дела, картина полностью менялась”.

Последний довод оказался весомым, Тимошенко принял решение переехать в Филадельфию с женой Александрой Михайловной и дочерью Мариной. Старшая дочь Анна и сын Григорий по совету отца поступили в Берлинский политехнический институт. В Филадельфии семья прожила меньше года. Компания Акимова вскоре стала испытывать финансовые трудности, и Тимошенко пришлось заняться поисками более надежного места. После переписки и переговоров ему удалось получить должность инженера в исследовательском институте компании “Вестингауз” в Питсбурге.

Тимошенко встретил еще несколько инженеров, эмигрировавших из России. Дружеские отношения завязались с И.Э.Муромцевым, которого Тимошенко знал как радиоспециалиста еще по Петрограду, и В.К.Зворыкиным, занимавшимся разработкой аппаратуры электронного телевидения.

Земляки виделись обычно во время ланча; совершая затем небольшую прогулку, обсуждали дела на фирме. Зная Тимошенко как широко образованного ученого, друзья тем не менее предполагали, что “Вестингауз” вряд ли будет долго пользоваться его услугами. Основное направление деятельности компании — электрические машины, специалист в области деформаций твердого тела может найти здесь лишь ограниченное применение. В скором времени выяснилось, что они оказались неправы. Тимошенко быстро выдвинулся в число наиболее авторитетных специалистов исследовательского института. Сам Степан Прокофьевич объяснил это тем, что “основательная подготовка в математике и основных технических предметах давала нам громадное преимущество перед американцами, особенно при решении новых, нешаблонных задач”.

Консультант из России

Свою деятельность в компании Тимошенко начал с того, что разработал удобный в применении прибор для исследования напряжений в материале с использованием поляризованного света. Так же быстро и эффективно он решил проблему экспериментального определения модуля упругости различных металлов. К Тимошенко начинают обращаться за помощью инженеры из самых разных отделов, его деятельность в скором времени приобретает в основном консультационный характер.

Для отдела электродвигателей большой проблемой была частая поломка главного вала машин. Обычный расчет валов на изгиб и кручение свидетельствовал о, казалось бы, значительном запасе прочности; тем не менее поломки валов продолжались; Степану Прокофьевичу принесли несколько образцов разрушенных деталей.

Он сразу понял, что причина разрушения связана с концентрацией напряжений в переходных сечениях вала. Устранить нежелательное явление можно было, правильно выбрав радиус соединительной выкружки. Готовых формул для такого расчета не существовало. Тимошенко порекомендовал молодому инженеру Л.Якобсену использовать графический метод для решения сложного дифференциального уравнения. Составленные Якобсеном таблицы допустимых радиусов выкружки вошли впоследствии во многие учебники.

Отдел железнодорожных сообщений обратился к Тимошенко в связи с решением многоаспектной задачи электрификации железных дорог. Для перехода от паровозов к электрическим локо-

мотивам было необходимо разработать способ, позволяющий определять степень прочности рельсового пути и соответствующие ей размеры электровозов. Тимошенко составил требуемую программу.

Поскольку обращения к русскому ученому за консультацией стали системой, руководство компании предлагает ему выступить с лекциями для большой группы молодых инженеров. “Так, вероятно впервые на территории Соединенных Штатов, был прочитан курс теории упругости”, — писал он впоследствии.

В том же 1924 г. Тимошенко начал читать лекции по сопротивлению материалов в школе механики, организованной для недавних выпускников вузов. “Это меня очень заинтересовало, — вспоминал он. — Я получил около тридцати отборных слушателей — выпускников различных американских университетов. Большинство из них имели записи лекций, которые им читались в вузах, и по этим записям я получил полную картину положения преподавания сопротивления материалов в Америке. Программы были, определенно, значительно ниже наших русских требований. Удивлял полный отрыв теории сопротивления материалов от экспериментальных исследований. Большинство моих студентов никаких работ по механическим испытаниям материалов с измерением их упругих свойств никогда не делали. По-видимому, студентов не учили получать решения задач сначала в алгебраической форме и затем производить вычисления с заданной точностью. При такой слабой подготовке не могло быть и речи о каком-либо курсе повышенного типа. Я прочитал им курс, обычный для русских студентов второго курса”.

Этот опыт привел Тимошенко к выводу, повлиявшему на его дальнейшую судьбу: наибольшую пользу он сможет принести, если сосредоточится на преподавании и написании книг и учебников.

В правильности сделанного вывода он убедился в 1925 г. на съезде инженеров-механиков в Милуоки. После того как он прочитал доклад об экспериментальных исследованиях напряжений в выкружках, соединяющих пластинки разной ширины, с критикой выступил профессор Гарвардского университета Г.Свейн.

“Автор замечаний, — говорил Тимошенко, — очевидно, имел весьма ограниченные познания о сопротивлении материалов, никогда ничего не слышал о высоких напряжениях у краев круглых отверстий, но это ему не мешало весьма энергично критиковать мою работу и считать теоретические исследования концентрации напряжений ненужными измышлениями теоретиков, оторванных от практических приложений. Я решил “отчитать” почтенного профессора в своем ответе, не стесняясь в выражениях, ясно показал полное невежество автора замечаний. Аудитория со мной согласилась, и я был награжден бурными аплодисментами”.

Лекции, прочитанные Тимошенко в школе механики, послужили основой для “Прикладной теории упругости”, которая увидела свет в 1925 г. После этого он принялся за книгу о вибрациях в машиностроении, в которую включил множество примеров из своей промышленной практики.

“Война ясно показала всю отсталость Америки в деле организации инженерного образования”

В 1927 г. Тимошенко получил приглашение перейти на работу в Мичиганский университет. Новая кафедра университета должна была готовить квалифицированных специалистов в области прикладной механики, что отвечало интересам Тимошенко, и он переехал вместе с семьей в Г.Анн-Арбор.

В этот период Тимошенко пишет фундаментальную работу по проблемам устойчивости деформации упругих тел, которую отдает для пуб-



С братьями Сергеем (слева) и Владимиром. Пало-Альто. 1947 г.



В Московском университете в 1958 г. Слева направо: А.М.Жуков, В.З.Власов, Г.К.Михайлов, С.П.Тимошенко, В.Т.Любимов, А.С.Григорьев, А.А.Никольский.

ликации в справочник по технической механике². Этот справочник, изданный в Германии в 1929 г., был затем переведен на многие языки, в том числе на русский.

В Стране Советов к тому времени вышли в свет многие работы Тимошенко, студенты учились по его книгам. В 1928 г., по рекомендации А.Ф.Июффе, П.П.Лазарева и А.Н.Крылова, Степан Прокофьевич был избран членом-корреспондентом АН СССР.

Современного читателя, знакомого с отношением советского государства к эмигрантам, это может удивить. Но напомним, что Академии наук более 10 лет после Октябрьской революции удавалось сохранять нейтралитет по отношению к новой власти. «Приручение» академии, сопровождавшееся «чисткой» кадров и внедрением требуемых идеологических норм, стало разворачиваться примерно через год после избрания Тимошенко. Характерно, что перевод «отца американской прикладной механики» в действительные иностранные члены АН СССР смог состояться лишь через 36 лет, в 1964 г.

Став профессором Мичиганского университе-

та, Тимошенко решил не ограничивать преподавательскую деятельность занятиями со студентами. Вместе с рядом приглашенных профессоров он организовал в 1929 г. при Мичиганском университете летнюю школу механики для докторантов и дипломированных специалистов. Успех этого начинания превзошел все ожидания. Ежегодно в Анн-Арбор стало съезжаться большое число инженеров, желающих расширить свои знания в области прикладной механики. Многие из них старались затем остаться в Мичиганском университете на год, чтобы подготовить под руководством русского профессора докторскую диссертацию. Проведя шесть лет в Мичиганском университете, Тимошенко получил по правилам американских вузов полугодовой отпуск с сохранением жалования. Летом 1934 г. он совершил длительную туристическую поездку по странам Ближнего Востока и Африки, посетив также Грецию, Италию, Францию, Польшу, Югославию, Германию и отдохнув в конце этого путешествия в Швейцарии.

Школа прикладной механики в Анн-Арборе приобретала все более широкую известность, и в 1935 г. Тимошенко предложили организовать подобные школы еще в двух университетах — Станфордском и Калифорнийском. После некоторого раздумья он принял предложение Станфорд-

² Stabilitätsprobleme der Elastizität // Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik. Leipzig, 1929. Bd.4. Lfg. 1. S.81—145.



Встреча с Тимошенко, иностранным членом АН СССР, в 1967 г. Слева от него – академики М.Д.Миллиончиков, В.П.Константинов, Л.И.Седов. Справа — Э.И.Григолох, В.В.Соколовский, Г.К.Михайлов.

ского университета. Расположенный в г.Пало-Альто штата Калифорния. Станфордский университет был достаточно удален от промышленных центров. Благодаря этому Тимошенко получал возможность освободиться от разного рода консультационных работ и сосредоточиться на преподавании в университетской инженерной школе. Еще одним доводом в пользу переезда стал мягкий теплый климат.

В Пало-Альто Тимошенко прожил восемнадцать лет, до 1964 г. Основной работой для него в этот период, помимо преподавания, стала подготовка новых и переиздание старых книг. Публикации приносили доход.

Размеренное течение жизни нарушалось по крайней мере дважды. В первый раз это было связано со второй мировой войной. Знания и опыт почтенного профессора, достигшего пенсионного возраста, были вновь затребованы. «Война ясно показала всю отсталость Америки в деле организации инженерного образования, — писал Тимошенко, — и в деле организации исследовательских институтов, приспособленных для экспериментального решения различного рода технических задач. Правительство поняло это и решило действовать энергично. Были ассигнованы средства для расширения исследовательской деятель-

ности и для подготовки докторов в области технических наук».

В 1946 г. Тимошенко составил проект организации при инженерной школе Станфордского университета специального отделения для исследований и подготовки докторов в области механики. Отделение исследовательской механики работало в университете, начиная с 1947 г. Курс механических свойств строительных материалов, который читал Тимошенко на этом отделении, вошел затем в американское издание «Основ сопротивления материалов».

Другим событием, оказавшим влияние на жизнь ученого, стал запуск в октябре 1957 г. первого в мире искусственного спутника Земли. Для многих американских политиков, бизнесменов и ученых это событие, свидетельствующее об успехах Советского Союза в ракетно-космической технике, оказалось шокирующим сюрпризом. К Тимошенко вновь обращаются за консультациями, теперь уже по поводу системы инженерного образования в СССР. Однако ученому, покинувшему Россию почти четыре десятилетия назад, трудно было сказать что-нибудь определенное. Ему и самому это было интересно, и летом 1958 г. Тимошенко едет повидать родные края. Он побывал в Киеве, Харькове



“Тимошенко был человеком исключительного инженерного чутья”.

и Москве, оттуда направился в Ленинград. С большим волнением ходил по зданиям Института железнодорожного транспорта и Политехнического института, где когда-то прошли его студенческие годы и началась научно-исследовательская работа, посетил Институт полупроводников АН СССР, основателем и бессменным директором которого был друг его детства Абрам Федорович Иоффе.

Еще одну поездку в СССР Тимошенко совершил в 1967 г. На этот раз 89-летний Степан Прокофьевич не скрывал, что хочет попрощаться с родиной. Его отвезли в Ромны, где он побывал в школе, размещавшейся в здании бывшего реального училища. В Москве и Ленинграде прошли его встречи с учеными. Узнав, что в СССР продолжают издаваться его книги, Тимошенко в письме, адресованном Академии наук, отказался от всех гонораров в пользу премии за лучшую работу по строительной механике.

* * *

Степан Прокофьевич умер 29 мая 1972 г. в немецком городе Вуппертале, где провел свои последние годы вместе с дочерью Анной Хельцель-Тимошенко. В некрологе, опубликованном в “Известиях АН СССР”, были такие слова:

“Умер один из крупнейших ученых нашего времени в области механики деформируемого твердого тела. С.П.Тимошенко был человеком исключительного инженерного чутья. Его методы, решения, книги иллюстрируют это неоценимое качество. Трудно указать направление в области строительной механики, где бы им не были получены результаты, оставившие неизгладимый след”.

Действительно, с именем Тимошенко оказалась связанной целая эпоха в развитии прикладной механики. Он начинал свою деятельность, когда расчеты на прочность и надежность находили ограниченное применение в машиностроении, при строительстве мостов и железных дорог. Развитие индустрии XX в. поставило перед наукой о деформациях принципиально новые задачи, связанные с повышенными параметрами (давления, температур, скорости), применением неизвестных прежде материалов, обеспечением надежности и долговечности более сложных агрегатов и систем.

На протяжении своей 70-летней творческой деятельности Тимошенко принимал непосредственное участие в решении проблем, которые ставил технический прогресс. Его глубокие, оригинальные исследования в области сопротивления материалов и строительной механики всегда были связаны с нуждами практики. Он был ученым-новатором и подготовил сотни квалифицированных инженеров и ученых, многие из которых заняли руководящие позиции в учебных и научных центрах США. То, что прикладная механика в этой стране достигла в XX в. высокого научного уровня, связывают с именем Тимошенко. Ежегодно, начиная с 1958 г., Американское общество инженеров-механиков присуждает премию им.С.П.Тимошенко за лучшую работу по механике.

На склоне жизни, подводя итоги, Тимошенко написал: “Теперь, через сорок лет, обдумывая причину наших достижений в Америке, я прихожу к заключению, что немалую роль в этом деле сыграло образование, которое нам дали русские высшие инженерные школы”. ■

✧

“Вряд ли придется возвращаться домой”

Из писем С.П.Тимошенко В.И.Вернадскому¹

1

15 июля 1922г.
303 Harrison Building,
15th Market street. Philadelphia, USA

Дорогой Владимир Иванович!

Очень рад был Вашей открытке и надеюсь получить от Вас более обширное письмо, где Вы расскажете, что делалось у Вас за последние два года, что собой представляет Россия и русская наука. Вы пишете, что научная работа идет. Но я не представляю, чтобы она могла идти успешно, когда люди умирают от голода и живут в неотапливаемых помещениях. Что касается меня, то я каждый день благоговяю судьбу мою и удачу. Мне удалось и самому уехать и увезти свою семью. Жизнь в Юго-Славии мне очень нравилась. Загреб — прекрасный город с хорошей библиотекой и чудными окрестностями. Я и все мои — большие любители природы, и для нас было большим удовольствием странствовать пешком по окрестностям.

Сейчас я начинаю новую жизнь. Три недели живу в Филадельфии. Служу в “Vibration Specialty Co”, где занимаюсь применением моих знаний из области механики и теории упругости к решению практических задач, главным образом связанных с постройкой военного флота. Вопросы эти всегда меня очень интересовали, и я отдался работе с наслаждением. Хотя после милого Загреба и его чудных

окрестностей здесь мне показалось сначала не очень уютно, но я решил попробовать свои силы на новом поприще. Через месяц переселю сюда свою семью и начнем американскую жизнь. Люди, с которыми встречаюсь, мне нравятся. Нет узкого “национализма”, с которым Вы везде встречаетесь в Европе и который особенно неприятен был для меня в маленьких славянских странах вроде Юго-Славии или Чехо-Словакии. В Юго-Славии даже слово “Университет” переделали в “Sveuciliste”. С наукой по моей части в здешнем университете слабо, но я смотрю на мое настоящее положение, как на переходное. Как только окрепну с языком — постараюсь вернуться к научно-педагогической деятельности. Пожалуйста, напишите, почему Вы себя ограничиваете 5 месяцами и не остаетесь в Европе на более продолжительное время. За 5 месяцев ведь книги своей Вы не сможете издать. Уезжать же обратно, не закончивши Вашего капитального труда, — невозможно. Прошу передать привет Вашей супруге.

Ваш С.Тимошенко.

Сообщите, что знаете о Киевской и Петроградской академиях наук.

2

22 декабря 1922 г.

Дорогой Владимир Иванович, поздравляю Вас с праздниками и желаю всего наилучшего в наступающем новом году. Как было бы хорошо, если бы Вы выполнили Ваше предположение о переселении в Америку! Здесь ведь у Вас есть много знакомых, американских знакомых, и с их помощью Вы, наверное, легко могли бы устроиться. Ведь здесь большая бедность в отношении научных сил. Совсем не то, что в Западной Европе, где по нынешним временам научно работающий человек оказывается совершенно лишним. О возможности Вашего устройства здесь я говорил с Вашим старым знакомым Михаилом Михайловичем

¹ Письма Тимошенко хранятся в Bakhmeteff Archive of Russian and East European History and Culture (BAR) Колумбийского университета США. G.Vernadsky Collection. №1 — В.85, F.1922-2; №2, 3, 4 — В.86, F.1923-2; №5 — В.87, F.1925-3; №7 — АРАН. Ф.518. Оп.3. Д.1628. Л.6—7 об. Работа с этой коллекцией стала возможной благодаря гранту Программы Фулбрайт (США).

² В.И.Вернадский в эти годы (1922—1926) находился формально в научной командировке в Европе (Франция, Чехословакия) и предпринимал активные усилия, чтобы перебраться в США — наиболее реальный источник финансирования его проекта Международного института живого вещества. Как известно, его ждала неудача на этом пути — никто, кроме выходца из России, французского мецената Л.Розенталя, и Советского правительства, не проявил интереса к новым исследованиям академика.

Карповичем³ (он служит в конторе Бахметьева⁴, 2 Rector Str. New York). Он очень просил Вам кланяться. М.М. все время служил у Бахметьева, имеет много знакомых, и я его просил узнать все, что могло бы представить интерес в связи с Вашими предложениями относительно Америки. По наведенным пока справкам выходит, что как будто устроиться в одном из университетов представляет большие затруднения, чем, например, получение службы в Carnegie Institution. Но если у Вас в университетах есть личные знакомства, то тогда все дело может измениться. Мне кажется, ни в одной стране знакомства и связи не играют такой громадной роли, как здесь.

Я пока доволен моей работой, но не оставляю мысли вернуться к педагогической деятельности. Как только укреплюсь в языке и ближе познакомлюсь с здешними порядками — начну хлопоты о профессуре.

Сейчас довольно часто получаю письма из России и чем дальше, тем больше укрепляюсь в мысли, что вряд ли придется возвращаться домой — уж очень мрачные вести. Все разрушено, и те остатки науки, что имеются, совершенно не соответствуют укладу нынешней русской жизни и постепенно должны будут исчезнуть. Между прочим, сейчас получил письмо от одного из моих учеников — прекрасного работника. Просит разыскать книги: 1) Whitehead and Russel, Principia Mathematica. Cambr. Univ. Press. 2) Boole G. An (англ. яз.) Investigation of the Laws of Thought (London, Cambridge, Macmillan and C^o 1854). Здесь найти этих книг нельзя. Может быть, можно сделать при помощи французских или английских профессоров? Книги можно было бы подарить Путейской библиотеке, где мой знакомый состоит преподавателем.

Ваш С.Тимошенко.

3

7 марта 1923 г.
303 Harrison Bldg.
Philadelphia, Pa. USA

Дорогой Владимир Иванович.

Сейчас получил Ваше письмо от 18 II. Я продолжаю служить на прежнем месте и пока не имею касательства к здешней науке. Чем больше присматриваюсь, тем больше убеждаюсь, что наука здесь не в большом почете. Профессорское жалование не выше жалования жд. машиниста, а занятий у профессора столько, что трудно их совмещать с научной работой. Пришлось для одного вопроса выполнить несколько опытов в физическом институте здешнего университета. Институт жалкий — деревянный домик, бедно оборудованный. Профессор не только все приготавливает и приспособления сделал собственноручно, но когда для опыта понадобилась железная балка, он отправился в соседнюю лавку, купил балку и притащил по городу в лабораторию на собственных плечах. Как видите, институт

³ Карпович Михаил Михайлович (1887—1959) — историк, друг Г.В.Вернадского.

⁴ Тимошенко, как и многие в эмиграции, так писал фамилию Бориса Александровича Бахметева (1880—1951) — последнего посла России в США, однако сам Бахметев настаивал на написании без “ь”.

совсем не располагает нужным низшим персоналом. Проникнуть в здешнюю академическую среду мне пока не удалось, да это и не просто, особенно если принять во внимание, что я не очень силен в языке.

Относительно двух книг, о которых я писал Вам, ничего дополнительно сообщить не могу. Я этих книг не знаю. Здесь найти их не смог. Заглавия, как они были мне присланы, я Вам сообщил. Здесь, как видно, просьбы русских о книгах уже надоели. Я пытался достать некоторые журналы для Киева и Петербурга, но во всех местах мне ответили, что ими уже пожертвовано столько-то экземпляров и они больше пожертвовать не могут.

Что касается условий жизни в Филадельфии — могу сообщить следующее: я живу здесь с женой и детьми. На питание приходится тратить от 15 до 20 долларов в неделю. Столько же нужно и на квартиру. Для самого скромного существования нужно 3000 долларов в год. Чтобы покупать книги и иметь возможность отдохнуть летом — необходимо иметь жалованье не меньше 4000 долларов в год. Мы все здесь здоровуем. Американский климат неплох. Не знаете ли Вы кого-либо из профессоров в Harvard'e? Думаю попробовать найти там какие-либо научные занятия. Передайте мой привет Вашим. Ваш С.Тимошенко.

Не могли бы Вы порекомендовать меня кому-либо в Carnegie Institution. Я думаю, что это учреждение могло бы помочь издать на английском языке мою книгу по теории упругости.

4

[1923]

Westinhouse Electric,
Research Dept.
East Pittsburgh, Pa.

Дорогой Владимир Иванович,

я покинул Филадельфию и уже три месяца как работаю у Westinhouse'a. В связи с постройкой электрических локомотивов и крупных электрических машин возникает целый ряд совершенно новых вопросов механики и вопросов прочности. Я теперь увлекся этими работами и на время забыл, что живу в дикой стране. Моя дочка называет своих товарищей по академии хорошо одетыми дикарями, и это по-моему верно. Я работаю в Research Dept. Казалось бы, должна быть интеллигентная публика с научными интересами — ничего подобного пока не видел. Мой ближайший сосед — молодой инженер — днем занят в лаборатории — ночью играет на трубе в каком-то танцевальном учреждении, чтобы удвоить свой заработок и истратить его на дорогой автомобиль. Конечно, при такой жизни никаких научных интересов здесь нет. Был в здешнем политехникуме — познакомился с деканом механического отделения — все его интересы на заводе — где он консультантом состоит, и ему некогда выполнять учебные занятия, и вот дело решается по-американски. Он нанимает вместо себя молодого человека — и тот преподаст. И все это помимо Совета. Библиотека Карнеги производит жалкое впечатление: масса денег потрачена на мрамор и золоченые украшения — а в библиотеке ничего нет. Я не мог найти основных книг по своей специальности. Нет ни одного европей-

ского журнала по математике! Вообще насчет литературы, особенно немецкой, здесь хуже, чем в Загребе. Я воображал, что здесь можно чему-либо поучиться в смысле организации лаборатории. Но лаборатории по моей специальности производят самое жалкое впечатление — они понятия не имеют о точных измерительных приборах. Сравнить эти лаборатории нельзя ни с Петербургом, ни с Киевом, ни даже с Загребом. Все, что здесь делается, — делается иностранцами. В более тонкой мастерской Westinhou's'a более 80% рабочих из центральной Европы. В Питтсбургском техническом районе среди ответственных инженеров больше 50% иностранцев. Американцы предпочитают заниматься продажей продуктов и организацией массового производства, и в этом они действительно делают крупные успехи. Для меня здесь очень приятным является возможность осуществлять опыты в весьма широком масштабе. Они не останавливаются в расходах, если думают, что из опытов можно что-либо получить для непосредственного приложения.

В отношении возможности постановки опытов я еще никогда не был в таком хорошем положении. Все нужные приборы и инструменты — покупают без возражений! К русским (но не евреям из России) отношение очень хорошее. К евреям относятся с большим подозрением. Ведь среди шпионов, а теперь среди большевистских агитаторов 100% евреев. Среди организаторов подпольной торговли спиртными напитками 80%. Огромный процент евреев среди преступников, организаторов жульнических предприятий, поддельвателей чеков и денег. Американцы стараются оградить себя от евреев установлением нормы для выходцев из Восточной Европы, но это не достигает цели. Со мной в Гамбурге при посадке на пароход предъявлялись паспорта 13 различных государств, но я не ошибусь, если скажу, что 95% их — евреи из России с подложными документами.

Антисемитизм здесь такой, какого я не видал в Европе.

Вы пишете, что собираетесь в Россию. Но неужели там положение настолько изменилось, что есть возможность научно работать? У меня от последних лет пребывания в России остались такие тяжелые воспоминания, что не думаю, чтобы мне в ближайшем будущем захотелось на родину. Знаете ли Вы, что здесь в Питтсбурге — русский палеонтолог Толмачев⁵ — он в музее Carnegie. М.б., через него можно узнать что-либо относительно возможности устройства в Америке?

Пожалуйста, передайте мой привет Наталье Егоровне.

Искренне преданный Вам С.Тимошенко.

5

**29 января 1925 г.
7716 Brasher St.
Pittsburgh, Pa.**

Дорогой Владимир Иванович.

Сейчас от Н.П.Рашевского⁶ узнал Ваш новый адрес, уз-

⁵ Толмачев Иннокентий Павлович (1872—1950) — геолог, палеонтолог; до эмиграции старший ученый хранитель Геологического и Минералогического музея Академии наук; в США зав. геологическим отделом Музея Карнеги.

нал, что Вы все время работали во Франции и не возвращались в Россию. Я уже около двух лет служу в Research Dept. Westinhou's'a. Как далеки все эти учреждения от тех фантазий, которые я когда-то имел в России относительно американских научных учреждений! Никакой науки и никакого Research'a здесь нет! По крайней мере в моей области это настоящая пустыня и здешние лаборатории ни с русскими, ни даже с Загребом сравнить нельзя. Страна удивительная! Живут люди с материальным комфортом и обходятся без газеты, без театра, без порядочного книжного магазина, без библиотек!! Чтобы добыть порядочную научную книгу, нужно писать самому в Европу. Такая библиотека, как Carnegie, на которую ухлопано много денег, не имеет ни одного математического журнала из Европы! Научная литература на французском и немецком языках почти отсутствует! Для меня остается загадкой, как при этом научном и техническом невежестве страна процветает! Все время заполнено работой на заводе. Нечего думать, некогда научно работать, и я чувствую, что еще год-два такой жизни и я потеряю всякую связь с научной жизнью Европы. Люди, которых приходится здесь встречать, мало похожи на наших. По окончании заводской работы более прилежные продолжают работу дома, все чинят и красят собственными руками и очень любят физический труд. Менее прилежные тратят время на автомобильные прогулки и кинематограф. Больше здесь ничего нет. Я не думаю, что к этой стране можно привыкнуть. Всегда ощущение, что здесь жизнь не настоящая и люди только временно собрались, чтобы заработать деньги и потом уйти.

Очень буду рад, если найдете минутку и напишете о Вашем житье во Франции и о Ваших работах. Что нового слышно из России? Летом встретил петербургских математиков на съезде в Торонто⁷. По рассказам, живется им очень тяжело. **Искренне преданный Вам С.Тимошенко.**

6

**14 марта 1925 г.
7716 Brasher St.
Pittsburgh, Pa.**

Дорогой Владимир Иванович, спасибо за письмо и за присланную статью. Здесь в Америке постоянно приходится видеть подтверждение высказанной Вами мысли, что в общем распределении продуктов человеческого труда интеллектуальный работник получает непропорционально малую долю.

Капиталисты, с одной стороны, и рабочие — с другой, получают, благодаря своей организации и благодаря грубым методам действия больше, нежели они действительно

⁶ Рашевский Николай Петрович (1899—1972) — один из основателей современной математической биофизики, создатель и редактор "Bulletin of Mathematical Biophysics", издававшегося с 1939 г. в Чикаго. Его трудам посвящено почти четыре страницы в знаменитом Словаре Потгендорфа (Poggendorf J.C. Biographisch-Literarisches Bandwörterbuch der Exakten Naturwissenschaftin. Bd VIIb. T.7. Berlin, 1985. S.4246—4250), однако в отечественных справочниках имени Н.П.Рашевского не найти. О его тесных связях с В.И.Вернадским см.: В.И.Вернадский. Дневники 1917—1921. [Кн.2]. Киев, 1997. С.168—170.

⁷ Об этом см. книгу вице-президента АН СССР математика В.А.Стеклова (1863—1926) "В Америку и обратно: Впечатления" (М., 1925).

стоят. Особенно печально, что доля рабочих высока. В Америке ясно видно, что повышение материального благосостояния рабочего не сопровождается повышением духовных запросов. Духовно — это дикарь, хотя он имеет автомобиль и живет в удобном доме. По здешним газетам и по полному отсутствию интереса к книгам видно, как убога духовная жизнь этих людей. Их доля заработков расходуется. Доля капиталистов в лучших условиях — т.к. эта доля идет для дальнейшего накопления капитала и для увеличения материальной мощи страны.

Положение ученого или университетского профессора очень незавидное и я не удивляюсь, что здесь наука не процветает. Я начинаю думать, что демократический строй совершенно не благоприятствует развитию наук и искусств — для этого деспотический режим, пожалуй, лучше. (Видите, как мало остается от российского радикализма при столкновении с американской действительностью.) Видел летом академика Стеклова на съезде в Торонто. Крупный ученый, который, казалось бы, мог держаться независимо, а вот “услужает” большевикам. Послушать его, так большевизм не хуже царского режима, и тогда бывали обыски, бывали притеснения студентов и шпионство, и теперь делается то же. Я привык считать, что вовсе не то же, а что-то в 1000 раз худшее. О Дзержинском говорит Стеков как о твердом правителе, а не как о палаче.

Вот эта готовность русского человека “услужать” и есть вероятная причина прочности большевиков. Довольно иметь кучку наглецов — и все готовы подчиниться.

Я интересуюсь сейчас здесь еврейским вопросом. Из-за них мы, русские, здесь в Америке, оказываемся в весьма невыгодном положении. Ведь до войны почти вся эмиграция из России, оставшаяся в городах, — были евреи. Они создали себе здесь весьма дурную славу, из-за них отчасти проведена была реформа иммиграционного закона, являющегося весьма тяжелым для русских. Антисемитизм здесь развился очень быстро, и, я думаю, сейчас Америка не уступит Европе. Как этот вопрос обстоит во Франции,

Передайте мой сердечный привет супруге.
Ваш С.Тимошенко.

7

17 июля [1929] г.

Podebrady Lazne [Чехословакия]

Дорогой Владимир Иванович.

Пишу Вам из Праги. Вчера виделся с сыном П.И.Новгородцева⁸, беседовал о его планах. Мне кажется, что он сможет устроиться в Америке, если только ему удастся получить визу. Я условился с ним, что по возвращении в Америку буду говорить с администрацией Westinhou's C° и думаю, что все будет улажено.

Условия моей работы в Америке значительно улучшились. Я теперь только раз в месяц бываю на заводе. Остальное время — в университете. Я имею кафедру Research Professor'a и потому свободен от общеобязательных занятий со студентами. Все время можно тратить на собственную научную работу и на занятия с докторантами.

В Европе сейчас интересовался исследовательскими учреждениями по прикладной механике. Германия успешно выделяется новыми работами и новыми институтами. У французов, как и прежде, смотреть нечего.

Наши планы съехаться всем вместе (всей семьей — М.С.) в Праге — не осуществились. Волокита Вашей власти все портит. Отцу все обещали дать паспорт и тянули так долго с этим, что срок давно прошел, и вот мы, собравшись в Праге со всех концов света, опять разъезжаемся, не повидавшись с отцом. Ему сейчас 82 года, и я совершенно не понимаю, зачем нужно было его задерживать. Ясно, что никакой опасности для советского строя он не представляет.

В 1930 году, если все будет благополучно, собираюсь быть на математическом съезде в Стокгольме, и если условия в России будут более благоприятны для путешествий, то постараюсь побывать в Петербурге, Москве и Киеве.

Ближайший год предполагаю заниматься организацией института прикладной механики при Мичиганском университете. Планов много — не знаю, сколько из этого удастся осуществить.

Кланяйтесь от меня Вашим.

Искренно преданный Вам. С.Тимошенко.

© Публикация и комментарии
М.Ю.Сорокиной ■

⁸ Имеется в виду сын философа, профессора Московского университета, кадета Павла Ивановича Новгородцева (1866—1924), с которым Тимошенко и Вернадский много сотрудничали во время гражданской войны по вопросам высшего образования.

Наводнение в Санкт-Петербурге

В ночь с 29 на 30 ноября 1999 г. в Санкт-Петербурге произошло очередное наводнение. В 4 ч 35 мин пополудни водный пост "Горный институт" зафиксировал максимум: 262 см над нулем Кронштадтского футштока (наводнением считается подъем воды выше 160 см, причем уровень 161–210 см относится к опасным, 211–299 см — к особо опасным, 300 см и более — к катастрофическим). Отметим, что впервые с 1986 г. максимальный уровень наводнения в Санкт-Петербурге превысил отметку 260 см.

В истории Петербурга это наводнение оказалось 290-м по счету, а по высоте поднятия уровня воды — одинаковым с наводнением 9 (20) сентября 1706 г., разделив с ним 11–12 места "по ранжиру"¹. Максимум того подъема воды был определен только в конце XIX в. нивелированием отметки, указанной Петром I в письме А.Д.Меншикову: "...у меня в хоромах было сверху пола 21 дюйм"².

Нынешнее наводнение вызвал глубокий циклон, прошедший 29–30 ноября от Дании почти по оси Балтики на юг Финляндии и в Карелию. Такая траектория наиболее опасна, поскольку создает условия для возникновения и развития уединенной длинной волны в Балтийском море и Финском заливе, а также штормовых юго-западных и западных ветров над этой акваторией. Приземное атмосферное давление в центре циклона составляло 980–985

миллибар. В передней части циклона давление быстро падало, а в тыловой — столь же быстро росло. Метеорологические станции на побережье Балтики и Финского залива отмечали юго-западные и западные ветры (20–25 м/с с порывами до 30–32 м/с). Циклон перемещался со скоростью 60–90 км/ч, близкой к скорости длинной волны $c = \sqrt{gb}$ ($g = 9.81 \text{ м/с}^2$ — ускорение свободного падения, b — средняя глубина в Балтийском море и Финском заливе (соответственно 56 и 37 м). Примерно такие же значения скорости длинной волны получаются по измерениям максимумов подъема воды в Таллинне (62 см в 21 ч 29 ноября; 350 км от устья Невы) и Нарве-Йыэсуу (130 см в 3 ч 30 ноября; 120 км восточнее Таллинна). К сожалению, этими данными ограничивалась информация об уровне моря, поступавшая со станций Прибалтийских государств.

На улицах города.



Близость скоростей циклона и длинной волны означает, что на акватории бассейна создаются резонансные условия, способствующие увеличению высоты штормового нагона.

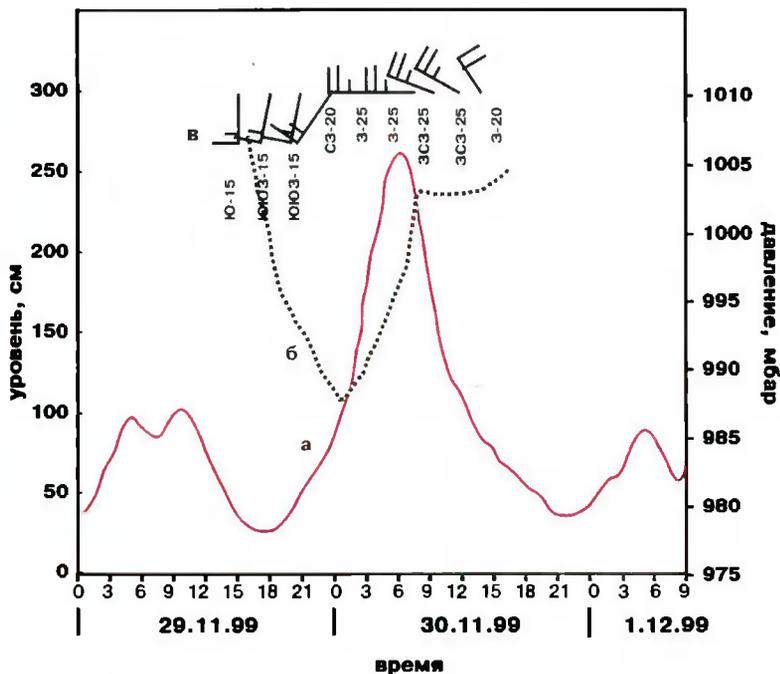
Особенности наводнения 30 ноября 1999 г. весьма близки той схеме, которая установлена во многих исследованиях механизма петербургских наводнений³. К ним относятся: траектория циклона, скорость, близкая к скорости длинной волны, согласованность колебаний уровня воды в Петербурге с изменениями атмосферного давления и вектора ветра. Синоптики регионального гидрометцентра использовали все эти особенности при составлении прогноза опасного гидрометеорологического явления.

Первые сообщения об угрозе наводнения были переданы по радио и телевидению за 6–8 ч до максимума подъема воды. Такая заблаговременность позволила принять решение о чрезвычайной ситуации и выполнить самые необходимые действия по защите от стихийного бедствия. Тем не менее последствия наводнения и штормовых, а местами и ураганных, ветров оказались достаточно

¹ Померанец К. С. Наводнения в устье Невы // Природа. 1993. №10. С.9–19.

² Померанец К. С. О статистике наводнений в Петербурге // Метеорология и гидрология. 1999. №8. С.105–110.

³ Рыкачев М. А. О высоте наводнения 9 (20) сентября 1706 года по измерениям Петра Великого // Изв. АН. 1898. Сер.5. Т.9. №4. С.47–49.



Колебания уровня воды (а) в Санкт-Петербурге 29.XI–1.XII 1999 г.; б – атмосферное давление, в – скорость и направление ветра (короткое перо – 5 м/с, длинное – 10 м/с). Данные измерений представлены в метеорологических сроки – через каждые 3 ч в течение штормовых суток, 29–30 ноября

серьезными. Нарушились обычные условия жизни города. Были подтоплены низко расположенные районы Петербурга. Несколько часов не действовали четыре станции метро. Отключили один из блоков Ленинградской АЭС (почти в ста километрах к западу от города). Было повалено около 2 тыс. деревьев. По разным сведениям, ущерб составил от 20 до 100 млн руб. Недостроенный комплекс сооружений защиты Петербурга не создает никаких препятствий для наводнений. Более того, он становится одним из самых уязвимых и убыточных объектов.

В декабре 1999 г. в Санкт-Петербурге сохранялись погодные условия, чреватые опасными подъемами воды. Однако критическая отметка 160 см не была превзойдена.

© К.С.Померанец,
кандидат географических наук
Санкт-Петербург

Космические исследования

Космические планы Западной Европы

Программный комитет Европейского космического агентства (ЕКА) утвердил планы запуска в 2007 г. двух новых искусственных спутников Земли. Один из них – “Планк” – будет нести приемники-анализаторы низкочастотных излучений (Low Frequency Instrument – LFI) и высокочастотных (High Frequency Instrument – HFI); вместе они охватят диапазон частот между 30 и 857 ГГц. Главным объектом изучения станет космическая фоновая радиация.

Другой искусственный спутник – “FIRST” (“Far Infrared Space Telescope”) – предполагается использовать для исследования инфракрасного излучения. Чувствительность этого космического телескопа превышает все работавшие до сих пор аналоги (диаметр его главного

зеркала 3.5 м). Наблюдения будут вестись в диапазоне длин волн, в котором до сих пор исследования не проводились – между 80 и 670 мкм. Орбиты обоих спутников должны проходить в 1.5 млн км от Земли.

“FIRST” способен наблюдать низкотемпературные объекты и тела, окутанные космической пылью, в том числе планетные системы и молодые галактики. На борту аппарата разместятся две спектрометрические камеры и специальный спектрометр с высокой разрешающей способностью. Приборы будут охлаждаться жидким гелием (Т около 2К).

Запуска этих спутников с нетерпением ожидают астрофизики, астрономы и специалисты по космологии.

Astronomy and Geophysics. 1999. V.40. №4. P.32 (Великобритания).

Астрономия

Кубонды действительно существуют?

Астрономам хорошо известно, что протяженные небесные объекты часто имеют округлые формы. Например, среди звездных скоплений, туманностей, галактик немало почти сферических или эллипсоидальных. Такой характер распределения материи в космических системах находит подтверждение в современных теориях, которые неплохо описывают все этапы звездной эволюции. Однако в основе всех моделей лежат определенные гипотезы, в частности и космологического характера. Поскольку теоретики как прошлого, так и ныне здравствующие не раз убеждали нас в способности объяснить все наблюдаемые явления (даже те, что впоследствии оказывались ошибочными), нет серьезных оснований для уверенности, что многообразие форм небесных систем ограничивается набором лишь округлых объектов.

Предположения о существовании звездных систем, далеких по форме от указанных, делались и раньше. Еще в 1974 г. Д.Карсдем

**Ультрафиолетовое
излучение и состояние
озоносферы**

Прошло 15 лет с тех пор, как над Антарктикой была открыта озонная дыра. Установлено, что содержание озона падает в результате химических реакций, возбуждаемых в стратосфере загрязняющими агентами. Дальнейшие исследования позволили предположить, что снижение плотности озоносферы приводит к росту интенсивности солнечной радиации, достигающей поверхности планеты.

Однако точное установление такой связи затрудняется рядом преходящих локальных и региональных факторов. Так, переменчивая облачность, снежный покров, взвешенный в атмосфере вулканический пепел, различный уровень загрязненности воздушного пространства — все это способно «фильтровать» и отражать ультрафиолетовые лучи, искажая результаты измерений. Примером может служить опубликованная в 1993 г. работа Дж.Керра и Т.Мак-Элроя (J.Kerr, T.McElroy), утверждавших, что за предыдущие четыре года уровень УФ-излучения в диапазоне длин волн (290—315 нм) повышался в районе Торонто более чем на 5% в год. Этот темп соответствовал динамике снижения плотности здешней озоносферы. Оппоненты, однако, подчеркивали, что хронологический ряд этих наблюдений и их локальность не позволяют делать столь многозначительный вывод.

Теперь исследования Керра и Мак-Элроя получили весьма серьезное подтверждение в работе химиков атмосферы Р.Мак-Кензи, Б.Коннора и Г.Бодекера (R.McKenzie, B.Connor, G.Bodeker). Проведенные ими в течение 10 лет наблюдения в районе Южного острова Новой Зеландии (45° ю.ш.) отчетливо показали возрастание потока ультра-

(D.Carsdem) попытался проанализировать возможные свойства звездных скоплений в виде кубоидов¹. С тех пор в литературе они так и называются — кубоиды Карсдема. К сожалению, предпринятые тогда не слишком настойчивые поиски таких объектов успехом не увенчались, хотя и не остались незамеченными астрономической общественностью². А ведь будь они обнаружены, многие теоретические концепции пришлось бы значительно пересмотреть.

В самом деле, в нашей Галактике шаровые звездные скопления — самые старые объекты. Вполне возможно, что кубоидные системы еще старше. Если это так, возникают серьезные проблемы, прежде всего в космологии. Кроме того, придется разбираться с происхождением таких систем. По аналогии с образованием звезд из облаков межзвездного газа можно предположить, что и кубоидные скопления формируются из кубоидных же туманностей. В таком случае обнаружение обеих групп объектов послужило бы косвенным подтверждением гипотезы кубоидно-фрактальной Вселенной. Выявленные свойства этих объектов определенно стимулировали бы теоретические исследования, поскольку на сегодня отсутствует какая-либо модель, объясняющая происхождение кубоидных газовых облаков. Существующие же модели звездной динамики не в силах объяснить, как кубоидная звездная система удерживает свою форму в течение длительных интервалов времени.

Обращалось внимание на возможную характерную особенность кубоидов: их линейные размеры должны быть приблизительно одинаковыми. Такое свойство дало бы в руки новый масштаб космических расстояний. В частности, кубоиды, обнаруженные в ближайших галактиках, позволят независимо калибровать

постоянную Хаббла, а значит, и уточнить хаббловский возраст Вселенной. Наконец, как и пара: шаровые скопления и почти сферические галактики, вероятно кубоидная пара: кубоидное скопление и кубоидная галактика. Если астрономы смогут увязать некоторые наблюдаемые свойства этих объектов с их размерами, они получат мощный инструмент для проверки космологических моделей. В частности, если кубоиды будут найдены среди наиболее ярких галактик, они позволят проверить закон Хаббла на расстояниях, сравнимых с возрастом Вселенной!

Поиск кубоидных звездных скоплений не прекращался почти 30 лет, и вот астрономам улыбнулась удача. При испытаниях нового телескопа, установленного на вершине вулкана Этна, группе ученых под руководством проф. Я.Мазилла (Ya.Masilla) удалось, впервые в истории астрономии, зафиксировать на фотопластинке изображение, без сомнения, кубоидного звездного скопления. Объект назван «Мазилла-1»; его горизонтальные координаты: азимут 180°, высота –15°. Оказалось, его можно видеть в созвездии Вислоуха круглый год! Специалистов особенно вдохновляет то, что новый телескоп, обладающий столь замечательными возможностями, построен руками студентов всего за месяц. Причем главное его зеркало (10×12 м²) собрали из 20 бытовых плоских (!) зеркал, купленных на распродаже в соседнем мебельном магазине...

Сейчас в планах астрономов с Этны поиск кубоидных галактик, а также исследование их структуры. Они рассчитывают получить совсем не тривиальные результаты, и автор заметки не склонен подвергать эту уверенность сомнению, поскольку в руках у них мощный математический метод, основанный на использовании кубических полиномов Мазиллы.

© Дж. О. Керр,
доктор философии
Питтсбург (США)

¹ Carsdem D.D. // The Observatory. 1974. V.94. №1000. P.5p—9p.

² Холопов П.Н. Звездные скопления. М., 1981. С.344.

фиолета, идущее одновременно с падением плотности озоносферы. Летом 1998—1999 гг. в Южном полушарии максимальные значения потока УФ-излучения были примерно на 12% большими, чем в такой же период начала десятилетия. Измерения проводились с помощью спектрорадиометров и другого наземного оборудования в сельской местности, где воздушное пространство практически не загрязнено, а количество облачных дней в течение года невелико. Наблюдательные данные оказались близки к прогнозируемым: истощение озоносферы должно было привести здесь в 1999 г. к повышению потока ультрафиолета на 15%. В то же время другая часть УФ-излучения (315—400 нм), которая не задерживается озоновым слоем, оставалась практически неизменной. Таким образом, гипотеза о связи между плотностью озоносферы и интенсивностью достигающего Земли потока ультрафиолета получила окончательное подтверждение.

Этот вывод имеет не только теоретическое значение. Ознакомленный с работой метеоролог Дж.Миллер (J.Miller) указывает: поток УФ-излучения над Новой Зеландией, уровень которого на 20% выше, чем в районе Торонто, существенно увеличивает вероятность заболевания раком кожи, катарактой и, вероятно, нарушает иммунную систему организма. По мнению канадского эколога Д.Лина (D.Lean), такое излучение приводит к гибели существенной доли водорослей и бактерий.

Согласно международному Монреальскому протоколу 1987 г., поступление в атмосферу антропогенных веществ, разрушающих озон, должно уменьшаться, однако реально это может сказаться на состоянии озоносферы лишь через несколько десятилетий, когда хлор и бром в значительной части будут «вымыты» из атмосферы осадками.

Science. 1999. V.285. №5434. P.1647, 1709 (США).

Стратосфера реагирует на солнечные пятна

О влиянии на земную жизнь солнечных пятен и связанных с ними солнечных вспышек написано немало. Делались попытки установить, какова реакция на динамику Солнца климата, биосистем, здоровья и поведения людей и даже цен на бирже. Все это — пока только спекуляции, не подтверждаемые убедительными данными. И только одна из гипотез имеет под собой инструментальную базу: в динамике земной стратосферы прослеживаются корреляции с изменениями солнечной активности на протяжении четырех 11-летних циклов.

Действительно, в каждый максимум появления пятен атмосферное давление на высоте 25 км над Землей, в поясе над средними широтами, растет, а над Северным полюсом падает. Однако энергия, выделяемая Солнцем в период максимального числа пятен, настолько мало отличается от ее величины в остальное время, что оставалось непонятным, каким образом это может столь существенно влиять на стратосферу.

Ответ предлагают американские специалисты Д.Шинделл, Н.Балачандран, Дж.Лин и П.Лонэрган (D.Shindell, N.Balachandran, J.Lean, P.Lonergan): по их мнению, ключевая роль в этом эффекте принадлежит озоносфере.

Включив в компьютерную модель стратосферы поглощение ультрафиолетового излучения Солнца озоном, они обнаружили отчетливую реакцию атмосферного давления на высотах около 25 км на изменения потока радиации. В то же время температурные вариации в приземном слое высоких широт Северного полушария оказались незначительными (всего лишь несколько десятых долей градуса).

Хотя ранее уже делались попытки связать термобарические характеристики стратосферы

с поглощением УФ-излучения Солнца озоном, никому из предшественников не удалось просчитать этот эффект на моделях.

Шинделл с коллегами рассмотрели химическую кинетику в условиях поступающего ультрафиолета и показали, что рост потока УФ-излучения всего на 1% достаточен для возникновения столь характерного пояса высокого атмосферного давления над средними широтами, окружающего пояс низкого — в Арктике. Это явление прослеживается и в так называемой Арктической осцилляции.

Автор ряда моделей климата, известный специалист в данной области Дж.Д.Мальман (J.D.Mahlan) оценил новый подход в общем положительно; того же мнения климатолог М.Геллер (M.Geller). Нашлись и оппоненты: теоретик Л.Полвани (L.Polvani) вообще сомневается в том, что крайне разреженный слой стратосферы в силах заметно влиять на массивную и турбулентную нижнюю атмосферу (тропосферу). Существование связи этих процессов с солнечной активностью, по его мнению, еще предстоит доказать. Дискуссия продолжается.

Science. 1999. V.284. №5412. P.234, 305 (США).

Физика

Несохранение четности времени

Недавно в одной из закрытых лабораторий ФАПСИ (Федерального агентства правительственной связи и информации) было обнаружено новое релятивистское явление — несохранение четности времени. Оно начинает сказываться при синхронизации разнесенных часов в протяженных информационных системах.

В результате исследования выяснилось, что продолжительность четного (нулевого) бита несколько больше длительности нечетного (единичного), причем малая величина их раз-

ности пропорциональна линейному размеру системы и числу синхронизируемых часов.

Интересно, что эти выводы подтверждаются наблюдениями за ходом объединенных в одну систему электрических часов самого протяженного в мире Московского метрополитена (261,3 км, 161 станция): при их высокой средней точности четные секунды на всех часах оказываются примерно на 140 мс длиннее нечетных, что легко заметить даже невооруженным глазом.

По-видимому, обнаруженный эффект привлечет внимание и теоретиков, которым теперь уже придется поразмыслить, сохраняется ли комбинированная четность (с одновременной инверсией времени), и практиков: неоднородность синхронизации может оказывать существенное влияние на устойчивость информационных сетей.

© А.В. Бялко,
доктор
физико-математических наук
Москва

Бионика

Пчелы окажут помощь... саперам?

Сотрудники американской лаборатории Pacific Northwest изучают возможность использования пчел для определения местоположения мин, неразорвавшихся снарядов и бомб. На столь необычное их использование в военной области ученых натолкнули способность пчел собирать на теле пылевые частицы и возможности современной микроэлектроники.

На спине пчелы монтируется миниатюрный радиомаяк с детектором пороховой пыли и взрывчатых веществ (ВВ). В поисках пыльцы и нектара пчелы летают и ползают по растительному покрову, при этом их маршруты фиксируются. Информация о наличии или отсутствии ВВ на теле пчелы телеметрически счи-

тывается с детектора по возвращении ее в улей. Если присутствие частиц подтверждается, анализ совершенных маршрутов (то, что летчики называют разбором полетов) способен с высокой точностью указать опасную зону и место нахождения мины или снаряда. Таким образом, пчелиный "спецназ", того не ведая, поможет спасти много жизней.

Terre sauvage. 1999. №141. P.22 (Франция).

Ботаника

Орхидеи обманывают пчел

Давно известно, что цветки орхидей бывают похожи на самок насекомых определенного вида и привлекают самцов именно в тот период, когда самок нет или их мало; таким образом самцы этого вида становятся единственными опылителями растения. Теперь международная группа ученых из Австрии, Швеции и Германии¹ установила, что цветки орхидей рода *Opbrys* (*O.spbegodes*) не только похожи по форме и окраске на половозрелых самок одиночной пчелы *Andrena nigroaenea*, но и выделяют те же самые пахучие компоненты. Таким образом, цветки и химически мимикрируют под самок пчелы. Самцы прилетают к цветкам, пытаются с ними копулировать и в результате такого псевдоспаривания опыляют их.

У половозрелых самок *A.nigroaenea* исследователи определили 15 компонентов запаха, которые участвуют в привлечении самца. Как оказалось, экстракты из цветков орхидеи имеют все эти компоненты (за исключением одного), причем в сходных пропорциях. А смесь искусственно синтезированных веществ в таких же пропорциях обладает даже большей привлекательностью для самцов, чем экстракты из цветков или "ма-

¹ Schiestl F.P. et al. // Nature. 1999. V.399. №6735. P.421—422.

некен" самки, лишенный запаха.

Ранее было показано, что некоторые олифатические спирты и терпены, хотя и привлекают самцов, но попыток спаривания не вызывают. Только букет запаха может окончательно обмануть насекомых. Это открытие позволяет по-новому взглянуть на происхождение подобного явления. Углеводы, участвующие в формировании поверхностного воска кутикулы растений, исходно служат для защиты от высыхания. В ходе эволюции эти углеводы приобрели у *O.spbegodes* дополнительную функцию — привлечения насекомых. По-видимому, предок *Opbrys* в результате случайной мутации стал синтезировать вещество, входящее в состав полового феромона насекомого-опылителя, что и привело к соответствующей форме опыления самцами. Естественный отбор способствовал распространению растений, цветки которых выделяют запах, чрезвычайно похожий на половой феромон специфического насекомого-опылителя. Благодаря химической мимикрии сократился и спектр, и количество пахучих веществ, выделяемых растениями для привлечения опылителей: насекомые реагируют на незначительное количество летучих веществ. Это очень экономный и эффективный способ опыления.

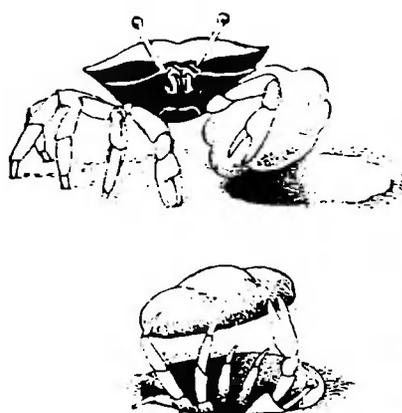
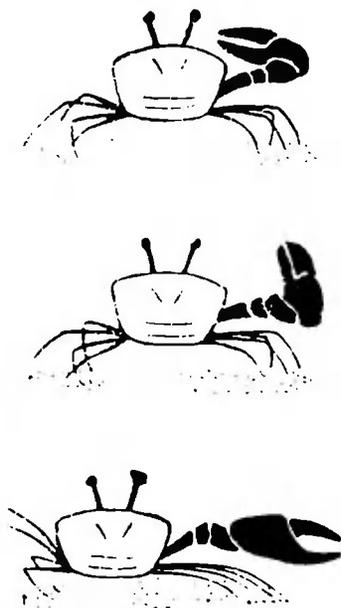
© Ю.М. Марусик,
кандидат биологических наук
Магадан

Этология

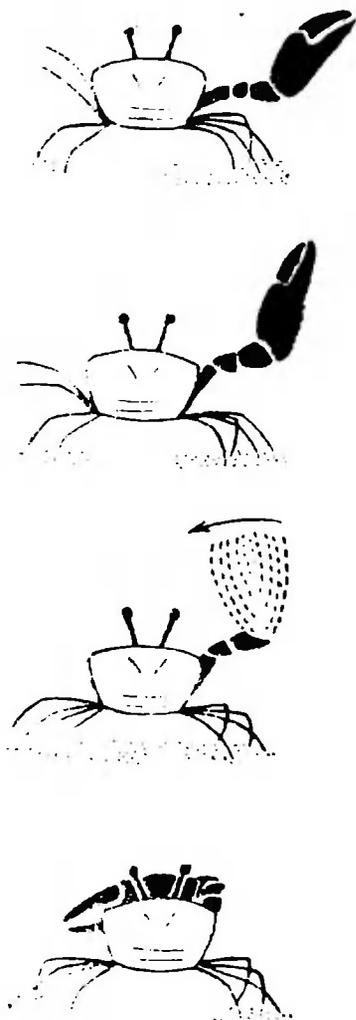
Какого самца выбирает самка краба-скрипача?

Маленькие крабы-скрипачи рода *Uca* в великом множестве населяют устья рек и приливотливные отмели на берегах всех тропических и субтропических морей¹. Активны они во время отлива. У самок клешни одинаковы, у самцов же одна маленькая,

¹ Несис К.Н. Как крабы-скрипачи отличают врага от своего // Природа. 1998. №9. С.69—70.



Слева: меняющие движения самца краба *Uca annulipes*.
Вверху: самка краба *Uca*: приближается к норе; закрывает нору пробкой; сидит в норе боком.



а другая громадная. Большими клешнями самцы машут вверх-вниз, как скрипач смычком, — заманивают самку. Понравится самке самец — она последует к нему в норку. Если и нора понравится — происходит спаривание. Заманить самку нелегко, для этого нужно убедить ее: я — самый лучший самец.

Исследователи² наблюдали за крабами *U.annulipes* в мангровом заповеднике близ порта Дурбан (ЮАР), на участке илистой отмели площадью 60×40 м². Засняв их поведение на видеокамеру, ученые проанализировали видеозаписи по кадрам. Как выяснилось, несколько самцов заманивают самку синхронным размахиванием клешней. Такая групповая синхронизация сигналов самцов, пытающихся обратить на себя внимание самки, хорошо известна у светляков, сверчков, лягушек. Однако, в отличие от синхронной световой или звуковой сигнализации этих животных, использование изобразительной информации до сих пор известно не было.

Вот как крабы это делают. Готовую к размножению самку тесно окружает группа из двух—шести самцов, которые начинают махать клешнями. Каждый самец выбрасывает крупную клешню перед собой параллельно поверхности грунта, отводит клешню в сторону, поднимает ее вертикально вверх и резко опускает вниз, в исходную позицию. И так все вместе, в унисон, с очень небольшим разбросом. Машут они только самке и только если она рядом, менее чем в 10 см. Насмотревшись на претендентов, самка вдруг выбирает какого-то одного самца и ныряет в его нору. Но как и когда она выбирает?

По-видимому, самка склонна избрать того, кто начинает махать первым, “ведет за собой хор”. Словом, лидера. Но как в театре или концерте люди при продолжительных аплодисментах сначала хлопают вразнобой, а потом хлопки как бы сами собой синхронизируются в ритмичные удары, так и у крабов-скрипачей желание каждого стать лидером и заполучить самку вскоре приводит к синхронизации взмахов клешней. Казалось бы, сделать выбор самке невоз-

² Backwell P.R.Y., Jennions M.D., Passmore N.I., Christy J.H. // Nature. 1998. V.391. №6662. P.31—32.

можно. Однако внимательный анализ видеокадров показал, что не все крабы размахивают клешнями строго одинаково¹. Продолжительность маха вверх у всех сходна, но некоторые самцы чуть раньше соседней завершают мах вниз и сразу начинают новый мах вверх.

Иными словами, хотя перекрывающиеся взмахи клешней у всех самцов-конкурентов синхронны, один из группы машет немножко быстрее других и нередко успевает вставить дополнительный, не перекрывающийся (асинхронный) взмах между синхронными "хлопками" соседней, что, конечно, хорошо видно самке. Чемпиона-быстромаха самка и вознаграждает своим визитом. Но оставаться ли ей в норе или немедленно выскочить наружу — это зависит от качества норы. В шалаше, конечно, рай, но хорошая квартира...

О.К.Н.Несис,

доктор биологических наук
Москва

Этология

Рыбы-чистильщики и их клиенты

Среди всего разнообразия межвидовых взаимодействий в природе одно из самых интересных — отношения между рыбами-чистильщиками и их "клиентами". Известно, что первые питаются паразитами на теле вторых. Но насколько эти взаимоотношения представляют собой истинный симбиоз, действительно ли они приносят пользу обоим? Существует точка зрения, что чистильщики — поведенческие паразиты, кормящиеся за счет других видов, и их деятельность не приносит пользы клиентам.

Австралийская исследовательница А.Гаттер (A.Gutter) поставила задачу объективно оценить характер этих взаимоотно-

шений. Она сравнивала количество паразитических червей на коже рыб *Hemigymnus melapterus* в присутствии и в отсутствие рыб-чистильщиков *Labroides dimidiatus*. Измерения проводились в шести вольерах, размещенных на коралловых рифах, в районе Большого Барьерного рифа, причем из некоторых вольеров *L.dimidiatus* удаляли. Оказалось, что в присутствии *L.dimidiatus* количество паразитов на коже *H.melapterus* было меньше почти в четыре раза.

Рыбы-чистильщики питаются паразитическими червями только в течение светового дня, а паразитические черви нападают на рыб как днем, так и ночью. Гаттер обнаружила, что в присутствии *L.dimidiatus* к концу дня количество паразитов на коже *H.melapterus* снижается. В тех вольерах, где *L.dimidiatus* отсутствовали, количество паразитов в течение дня не менялось. Таким образом, исследовательница показала, что данное поведение является истинно симбиотическим и полезно для обоих видов.

Nature. 1999. V.398. №6729. P.672—673
(Великобритания).

Охрана природы

Квакши и хамелеоны под охраной

Нередко программы по сохранению тех или иных исчезающих видов носят декларативный характер и ограничиваются принятием лишь стратегических решений: включением этих видов в списки охраняемых, объявлением особого статуса территорий их обитания и т.п. При этом реальных шагов по изменению условий существования не предпринимается. Поэтому особенно отраднo узнавать о конкретных и эффективных мерах по спасению видов и популяций или существенно улучшению их состояния¹.

Немецкие натуралисты Д.Икемейер и К.Козанецки (D.Ikemeier, Ch.Kosanetzky) провели в одном из округов Вестфалии довольно рутинное для Германии обследование популяции одного из видов лягушки. Поздними весенними вечерами они регистрировали поющих брачные песни самцов обыкновенной квакши (*Hyla arborea*) и со всей скрупулезностью определили: в этом округе квакши размножаются в 28 мелких водоемах, общее количество участвующих в размножении самцов превышает 400, а их хоры в отдельных водоемах насчитывают от 5 до 50 участников. В общем, казалось бы, ничего особенного, но...

Во-первых, как уже неоднократно отмечалось, обыкновенная квакша — один из наиболее уязвимых в Европе и быстро исчезающих видов земноводных. Эта миниатюрная лягушка с огромными глазами и забавными лапками, каждый пальчик которых снабжен круглым диском для прикрепления к травинкам и листьям, оказалась совершенно не готовой к жизни в стремительно меняющейся под воздействием человека среде. Однако в Вестфалии, у северо-западной границы ареала, ее численность, по данным Икемейера и Козанецки, вовсе не сокращается, более того, увеличивается количество мест, ею заселенных. Во-вторых, эти оптимистичные результаты прямо связаны с осуществлением локальной программы защиты влажных угодий, в рамках которой на площади в 3400 га было создано более 200 (!) искусственных болотцев, постоянных луж, прудов. Кроме того, в надлежащее состояние были приведены многие из еще сохранившихся природных водоемов.

В другом конце света, в ЮАР, тучи ступили над хамелеонами *Bradypodion pumilum*. Виноградники вообще излюбленное место концентрации пресмыкающихся, а если учесть, что в ЮАР природные места обитания животных повсюду заменя-

¹ Backwell P.R.Y., Jennions M.D., Christy J.H., Passmore N. I. // Ethology. 1999. V.105. №5. P.415—421.

¹ LÖBF-Mitteilungen. 1998. Bd.23. №3. S.90—94.

ются сельхозугодиями, понятно, почему эти ящерицы сконцентрировались именно в виноградниках. Но современная агротехника не оставляет хамелеонам шансов на выживание: постоянные обработки пестицидами убивают их так же, как и насекомых-вредителей, а агрегаты для механической уборки винограда собирают этих медлительных, полагающихся лишь на камуфлирующую окраску ящериц вместе с сочными гроздьями и, как правило, уничтожают. К тому же аборигены наделяют хамелеонов негативными мистическими качествами и сильно недолюбливают. Однако крупный винодел Г.Йордан решил сохранить хамелеонов, разумно рассудив, что они истребляют членистоногих вредителей. На его виноградниках урожай собирают вручную, а пестициды используют только после опадения листьев, когда хорошо видно, где находятся ящерицы. Хамелеоны на его плантациях стали достопримечательностью, на которую специально приезжают посмотреть. Но и это не все. В ЮАР есть специальное "хамелеоновое общество", которое организовало сбор этих ящериц на виноградниках и переселение их на специально выделенные участки национальных парков.

О Д.В.Семенов,
кандидат биологических наук
Москва

Экология

Под свалками задерживается углерод

Рассчитывая уровень накопления парниковых газов в атмосфере, авторы включают и тот метан, который выделяется органическими веществами при их гниении на свалках. Однако недавние работы Дж.Майкалес и К.Скога (J.Micales, K.Skog) говорят о том, что большая часть углерода, содержащегося в древесине на свалках, гниению не подвергается.

По результатам исследований, около 70% углерода, содержащегося в бумаге, и более 97% — в дереве, остаются на длительный срок "запертыми" под слоем почвы, накопившейся поверх отбросов. На всех свалках США суммарно откладывается до 23 млн т углерода в год. Это соответствует лишь примерно 2% того количества, которое ежегодно выбрасывают в атмосферу тепловые электростанции страны, работающие на ископаемых видах топлива.

Учитывая это, власти США намерены включить в статистику данных о "поглотителях" CO₂ не только леса, но и официально зарегистрированные свалки. Тем самым появится несколько улучшенная картина соблюдения страной протоколов международной конференции в Киото (Япония), предписавших США к 2010 г. снизить выброс этого газа на 7%. Такое намерение было высказано на совещании Межправительственного комитета по изменению климата при ООН, состоявшемся в Женеве в январе 1999 г. Против него выступил глава базирующейся в Лондоне организации "Друзья Земли" Э.Джунипер (A.Juniper), указавший, что это решение только снизит эффективность мер, поощряющих использование вторичных лесоматериалов и бумаги.

International Biodeterioration and Biodegradation. 1999. V.39. P.145 (США).

Вулканология

Гватемала живет на вулкане

Гватемала расположена в той части Центральной Америки, которая издавна известна почти постоянной сейсмической и вулканической активностью. К наиболее частым возмутителям покоя относится вулкан, расположенный всего в 25 км от столицы страны Гватемала-Сити. Это — Пакая (2552 м над ур.м.).

Один из последних этапов его активности был отмечен в 1987 г. Со стороны горы по-

слышались сильные взрывы, и пепел засыпал улицы окрестных деревень — 600 жителей пришлось временно эвакуировать. Взрыв уничтожил верхнюю часть старого вулканического конуса Мак-Конни и углубил кратер, но непрерывные выбросы постепенно восстановили его заново. Слегка "передохнув", вулкан летом 1998 г. вновь активизировался и разрушил западную стенку кратера. Ее обломки обрушились вниз лавиной, а из прорыва вырвалось облако раскаленных газов. Каменный поток снес антенну местной радиостанции и повредил дома в 2 км от свежей расседины. Последовавший взрыв поднял столб пепла на высоту более 4 км. Раскаленные бомбы подожгли лес на склонах соседней горы Сьерро-Гранде, шлак сильно повредил растительность и посевы. В поселке, расположенном в 3 км от кратера, изверженным материалом ранены двое.

Мощный пеплопад (его объем оценивается примерно в $2,3 \cdot 10^6$ м³) заставил закрыть международный аэропорт столицы. Площадь, засыпанная пеплом, составила 800 км². Объем излившейся за короткое время лавы достиг $6,3 \cdot 10^5$ м³. Вслед за этим извержением пришло недолгое затишье. Однако сразу после наступления нового, 1999 г. вулкан опять оживился. 2 января он оповестил об этом серией слабых взрывов, число которых уже через несколько дней достигало 400 в сутки, а за 21 января было отмечено 550 взрывов.

Гватемальские специалисты вместе с сотрудниками из Смитсоновского института (Вашингтон) обнаружили на склонах две свежие расседины, из которых шел выброс серовато-коричневого пепла и слышались взрывы. Активен был и главный кратер. По сравнению с прошлым годом его конус заметно изменился: взрывы прорвали в юго-западной стенке крупную пробину, которая постепенно расшири-

лась до 80 м; вершина конуса стала как бы двуглавой, образовался глубокий овраг, протянувшийся вниз почти на 1 км. Над одним из поселков нависла угроза спуска лавы.

Всего за 17 ч лавовый поток из кальдеры, двигаясь по северо-западному склону, почти достиг подножия соседней горы Монтанас-лас-Гранадильяс. Высота столба пепла превысила 5 км, так что аэропорт Гватемала-Сити снова пришлось закрыть. На кромке кальдеры скопился метровый слой вулканических бомб. В застывающем потоке лавы в радиусе до 1 км от места извержения образовалось от падения бомб немало воронок диаметром 1 м (и даже одна — 5 м). Юго-западная кромка конуса обрушилась, вызвав лавину раскаленных обломков, продвинувшихся на 2 км; другой язык лавы вытянулся на 4 км. На склонах снова начались лесные пожары.

Изверженные материалы подняли конус Мак-Конни на десятки метров, так что теперь он стал выше соседней горы Сьерро-Гранде (2560 м над ур.м.), которая образовалась в давние времена при извержении того же вулкана Пакая.

С февраля 1999 г. его активность несколько умерилась.

Smithsonian Institution Bulletin of Global Volcanism Network. 1999.V. 24.№2.P.2 (США).

Геофизика

Асимметрия электропроводности мантии

В ходе международного геофизического эксперимента "MELT" ("Mantle Electromagnetic and Tomography") было измерено распределение электропро-

водности мантии в области, которая лежит под южной частью Восточно-Тихоокеанского поднятия (около 17° ю.ш.) и отличается особенно высокой скоростью спрединга. Результаты эксперимента, проанализированные международной группой специалистов под руководством Р.Л.Эванса (R.L.Evans), показали, что оно в этом регионе имеет асимметричный характер. Более высокие значения электропроводности присущи районам, расположенным к западу от подводного Срединно-Тихоокеанского хребта; эти данные говорят о существовании небольшого количества (1–2%) слабо расплавленных пород, распределенных по широкой области, а в глубину — примерно до 150 км. Верхний 100-километровый слой мантии непосредственно к востоку от хребта имеет электропроводность, соответствующую структуре оливиновых пород; по-видимому, в составе мантии отсутствуют расплавленные и летучие компоненты.

Причиной подобной асимметрии может служить неравномерность скоростей спрединга и смещение в западном направлении оси подводного хребта.

Таким образом, процессы образования расплава и его поступления в мантию различаются под двумя плитами земной коры — Наска и Тихоокеанской, соприкасающимися как раз в этом регионе.

Science. 1999. V.286. №5440. P.752(США).

Сейсмология. Организация науки

Сейсмология в Интернете

В США развернул работу Объединенный исследова-

тельский институт сейсмологии (Incorporated Research Institutions for Seismology — IRIS), в состав которого входит 91 учреждение. Все они занимаются изучением землетрясений и внутреннего строения Земли.

В сети Интернет институту принадлежит сайт www/iris/edu, содержащий информацию более чем по 2000 стран. Любой пользователь Интернета может ознакомиться с оперативной картиной сейсмических событий в мире, которая обновляется каждые полчаса.

На странице "Data Management System" можно получать свежую информацию от 1200 сейсмических станций, расположенных на всех материках. Данные могут быть как в "сыром", так и в первично обработанном виде, отражать текущий момент или присутствовать в историческом аспекте. Доступны сейсмологические карты различных регионов Земли, а также изображенные средствами мультимедиа схемы "поведения" разломов земной коры (механизмы скольжения, погружения, горизонтального перемещения отдельных плит и блоков).

Специальные страницы сайта посвящены наиболее мощным землетрясениям, в том числе недавних происшедшим в Турции, Мексике, Калифорнии, на Тайване. Помимо сейсмограмм пользователю предлагаются макросейсмические карты исторических землетрясений, а также ссылки на общедоступные источники с информацией о самом событии и его последствиях.

Science. 1999. V.286. №5445. P.1643 (США).

Жизнь в атомном и химическом мире

Под таким названием в ноябре (с 23-го по 26-е) 1999 г. проходил симпозиум. В числе организаторов был Институт биохимической физики им. Н.М.Эмануэля РАН, в котором, кстати, на неделю раньше состоялась конференция "Химия и биотехнология пищевых веществ". Уже сами названия этих двух международных форумов говорят о том, что они посвящены обсуждению насущнейших проблем современности.

По числу докладов и разнообразию тем симпозиум был гораздо представительнее конференции и даже состоял из трех секций: характеристика химической и радиационной обстановки; защита окружающей среды и пути снижения эффектов техногенного загрязнения; продовольственные ресурсы, питание и здоровье. Работали они не одновременно, а последовательно, так что интересующиеся той или иной проблемой могли присутствовать на ее обсуждении, не разрываясь на части.

Поскольку организаторам удалось собрать и опубликовать тезисы докладов, мы предлагаем читателям краткие рефераты некоторых из этих научных работ.

В результате Чернобыльской катастрофы сформировались своеобразные радионуклидные аномалии — территории, загрязненные долгоживущими изотопами. На таких территориях мощности доз внешнего и внутреннего облучения растений варьируют в пределах трех-четырех порядков.

В ходе 13-летнего изучения растительности в этих местах выявлено несколько эффектов. При хроническом низкоинтенсивном облучении у ряда видов со временем возрастает радиочувствительность семян и вегетативных органов из-за постепенной утраты клетками способности репарировать ДНК. У тех видов, которые произрастают в зоне радионуклидной аномалии, увеличивается частота хромосомных aberrаций и точковых мутаций.

В облученных популяциях хвойных деревьев обнаружены два типа аномалий: уродливые формы листьев, стеблей, цветков, соцветий и очень крупные или очень мелкие, по сравнению с нормой, органы. Примечательно, что уродства обусловлены неправильным делением клеток и их распределением в меристеме, а в измененных по величине органах тканевая

и клеточная структуры сохраняются.

Выявлены также нарушения нормальной периодичности покоя семян и других физиологических процессов, от которых зависит устойчивость растений не только к облучению, но и внешним воздействиям иной природы.

Гродзинский Д.М.

Институт клеточной биологии и генетической инженерии
Национальной академии наук
Украины, Киев.

Современная техника (телевизоры, компьютеры, воздушные линии электропередач высокого и сверхвысокого напряжения, радиолокационные станции, бытовые приборы, мобильная радиосвязь) работает в самых разных частотных диапазонах и режимах электромагнитного излучения (ЭМИ) с использованием все более высоких мощностей. В результате человек подвергается потенциально опасным уровням ЭМИ. Наиболее чувствительны к его действию нервная, иммунная и генеративная системы, особенно у развивающегося организма. Влияние ЭМИ усугубляется, если одновременно с ним действуют

другие неблагоприятные факторы окружающей среды.

В настоящее время медико-биологические, гигиенические и экологические аспекты проблемы ЭМИ приобрели глобальный характер. В связи с этим под эгидой Всемирной организации здравоохранения создана международная программа "Электромагнитные поля и здоровье человека".

Григорьев Ю.Г.

Центр электромагнитной безопасности, Москва.

Проведен анализ заболеваемости раком щитовидной железы населения Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей (5,298 млн человек), т.е. территорий России, наиболее загрязненных радионуклидами после аварии на Чернобыльской АЭС. Выяснилось, что с 1991 г. среди больных возросла доля детей и подростков, причем "омоложение" болезни произошло за счет облучения щитовидной железы инкорпорированным ^{131}I . Данные по определению зависимости риска заболевания от возраста при облучении показывают, что его последствия наиболее опасны для детей первых четырех лет

жизни: для них коэффициент риска примерно в три раза выше, чем для взрослых. Судя по временному тренду заболеваемости, ее уровень в ближайшие годы сохранится таким же, каким был в 1991—1995 гг. в возрастных группах до 25 лет.

Иванов В.К., Цыб А.Ф., Горский А.И., Максютов М.А.

Медицинский радиологический научный центр РАМН, Обнинск.

К настоящему времени установлено, что генетические болезни, которые в той или иной степени влияют на жизнеспособность, встречаются приблизительно у 70% людей. Известно, например, около 9000 наследственных болезней, которые передаются в поколениях в соответствии с законами Менделя, но наиболее распространены многофакторные недуги — их уровень среди населения Земли составляет около 60%. Проявляются они в основном в среднем и пожилом возрасте и могут быть вызваны как мутациями в системе полигенов, так и факторами внешней среды.

Молекулярно-генетическим анализом выявлено, что примерно 65% спонтанных генетических отклонений обусловлены истинными точковыми мутациями, а большинство изменений, индуцированных радиацией, связано с микроделециями. Однако до последнего времени метод оценки генетического риска облучения человека основывался на том, что спонтанные и индуцированные мутации сходны. Теперь оказалось, что такой метод мало пригоден. Более того, последствия, вызванные микроделециями, вообще остаются за пределами анализа, поскольку проявляются в виде трудно регистрируемых отклонений в здоровье человека — в угнетении роста и развития ребенка, умственной отсталости и др. Следовательно, для оценки генетического риска облучения необходимы другие методы — молекулярно-генети-

ческие, так как именно они позволяют регистрировать и анализировать микроделеции в геноме человека.

Шевченко В.А.

Институт общей генетики им.Н.И.Вавилова РАН, Москва.

В последние десятилетия в окружающую среду поступает огромное количество ксенобиотиков — разнообразных синтетических органических соединений, часто токсичных для живых организмов. В нашей стране громадные площади сельскохозяйственных угодий загрязнены пестицидами, многие территории Западной Сибири — нефтью и нефтяными продуктами, полигоны и стрельбища — тринитротолуолом. Как предотвратить дальнейшее поступление загрязнителей и освободиться от уже имеющихся?

Давно и хорошо известна способность микроорганизмов минерализовать органические вещества. Это свойство и лежит в основе биоремедиации — обезвреживания разных элементов окружающей среды с помощью микроорганизмов. В этой новой технологии может использоваться или природная микрофлора, способная разрушать ксенобиотики, или высокоэффективные штаммы, специально приготовленные в виде биопрепаратов, которые вносятся, например, в почву загрязненной территории.

Чтобы биоремедиация дала ожидаемые результаты, необходимо знать очень многое: строение и свойства конкретного ксенобиотика; способность местных бактерий к его эффективному разрушению; разнообразие микроорганизмов и их сообществ на территории, подвергаемой очистке, для выбора наилучшего деструктора.

Перспективы развития биоремедиации связывают не только с использованием природных микроорганизмов, но и генетически модифицированных, в том числе генно-инженерных.

А это уже требует разработки законодательства, которое будет регулировать выпуск таких микроорганизмов в окружающую среду.

Боронин А.М.

Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им.Г.К.Скрябина РАН, Пущино.

Чтобы обезвредить отходы, поступающие в окружающую среду из разнообразнейших производств, на каждом из них устанавливаются очистные сооружения, пыле- и дымоулавливатели и другие приспособления. Все это лишь ослабляет вредное воздействие загрязнителей, но полностью не решает проблему защиты. Между тем безотходную стратегию подсказывает сама природа: в любой экосистеме продукты жизнедеятельности одних видов используются другими. На подражании в этой природе сейчас начинают основываться сопряженные технологии, в которых отходы какого-либо производства служат исходным материалом для соседнего.

Один из примеров подобного рода — разработка новых каталитических процессов окисления, связанных с получением адипиновой кислоты (много-тоннажного полупродукта для синтеза найлона-6.6). Ее синтез, как известно, сопровождается выбросами закиси азота, которая способствует парниковому эффекту и разрушению озонового слоя. В созданной каталитической системе закись азота превращается в уникальный окислитель, служащий для проведения новых реакций органического синтеза. Таким образом, загрязнитель атмосферы превращается в ценный продукт.

Можно полагать, что создание сопряженных технологий станет одним из главных направлений технической деятельности человека.

Панов Г.И.

Институт катализа им.Г.К.Борескова РАН, Новосибирск.

Специалисты разных направлений, озабоченные защитой окружающей среды, все больше присматриваются к природе, чтобы использовать ее принципы для ее же (и нашей) сохранности. Развивается, например, биомиметика — направление в химии, которое основывается на имитации ферментативного катализа, обычного процесса в любой клетке живого организма. Одна из ветвей биомиметики — биоорганическая химия — ориентирована на синтез и изучение физико-химических и каталитических свойств сложных металлокомплексов, близких по строению к природным ферментам.

Уже найден способ жидкофазного окисления органических веществ (различных спиртов и кетонов) газообразным кислородом в специально разработанной для этого каталитической системе [Cuⁿ⁺/субстрат/основание/O₂]. В ней окислительная активность кислорода увеличивается настолько, что он становится значительно эффективнее мощных химических окислителей (перманганатов, перхлоратов, периодатов, азотной кислоты), обычно используемых в крупнотоннажных производствах. Окисление протекает при температуре, близкой к комнатной, а его скорость сходна с ферментативной, т.е. на порядки превышает скорости традиционных каталитических превращений, в том числе высокотемпературных гетерогенных.

Кроме того, меняя условия реакции, можно добиться селективного окисления субстратов с получением разных целевых продуктов. Так, варьированием рН среды и растворителя удается направить окисление спиртов до образования или карбонильных соединений (альдегидов, кетонов), или кислот с высоким выходом конечного продукта (около 90%). Чрезвычайно важна также безотходность каталитического процесса —

в нем не образуются те высокотоксичные вещества, которые сопровождают чисто химическое окисление.

Новая технология позволяет, не загрязняя окружающую среду, получать из сельскохозяйственного сырья полимеры, лекарства, пластификаторы, смазочные масла, антипирены, моющие средства, стимуляторы роста растений, ингибиторы водной коррозии.

Сахаров А.М.

Институт биохимической физики им.Н.М.Эмануэля РАН,
Москва.

К настоящему времени накоплены сведения о том, что многие биологически активные вещества (гормоны, пептиды, яды, пестициды, антиоксиданты и др.) оказывают воздействие на живые организмы даже в сверхнизких концентрациях — меньших 10⁻¹² М. Пока имеются лишь данные о количественных изменениях в регуляторных биохимических системах, которые локализованы в клеточных мембранах, но объяснения не найдено. Правда, есть основания полагать, что действие веществ в столь малых дозах опосредовано через пероксидное окисление липидов.

Пальмина Н.П.

Институт биохимической физики им. Н.М.Эмануэля, Москва.

Чтобы выяснить, как влияет загрязнение среды радионуклидами на минеральный состав разных органов и тканей, в экспериментах белым крысам-самцам ежедневно скармливали костную муку и молоко с уровнем загрязнения ¹³⁴Cs и ¹³⁷Cs 370 Бк/кг (или на литр). Оказалось, что под влиянием этих радионуклидов уменьшается количество калия в сердечной мышце, но значительно повышается содержание алюминия, кремния, кальция и железа. В почечной и костной тканях больше становится калия и железа, уровень

же кальция в почках возрастает, а в костях снижается. Такое перераспределение может приводить к нарушению сократительной функции миокарда, структурно-морфологическим изменениям костно-мышечной системы и дисфункции эндокринной.

В экспериментах показано (и подтверждено в клинических исследованиях), что некоторые неблагоприятные последствия удастся сгладить, если рацион обогащать специальными пищевыми добавками.

Карпенко П.А.

Институт гигиены и токсикологии им.Л.И.Медведева,
Украина.

Исследованиями отечественных и зарубежных ученых установлено, что среди людей, которые подвергаются лучевому воздействию, вероятен рост онкологических заболеваний. Спонтанную же онкопатологию все чаще связывают с недостатком в рационе ряда микро- и макроэлементов.

В связи с этим изучаются пищевые сорбенты радионуклидов; добавки, содержащие, например, фтор, селен, кальций; природные нетоксичные антиканцерогены и антиоксиданты. В опытах на животных испытана эффективность нескольких безвредных и дешевых компонентов, входящих в состав традиционных пищевых рационов, дефицит которых может способствовать возникновению онкологической патологии, включая спонтанную. Выяснилось, что благодаря нормализации рациона по фтору и кальцию у облученных (⁹⁰Sr, γ-излучением и их комбинарованным воздействием) животных повышается устойчивость белых и красных клеток крови, восстанавливается их количество, лучше сохраняются сосуды, снижаются blastomagenные эффекты. Селен, фтор, кальций, витамин Е, А, С, пищевые волокна, пектины

повышают не только общую резистентность, но и устойчивость к заболеваниям, вызванным повышенными дозами радиации, достоверно увеличивают среднюю продолжительность жизни. Те же витамины, а также кальций, фтор и бета-каротин в различных формах уменьшают число опухолей разной локализации и замедляют скорость их развития. Если в пищу добавлять селен, порошок из ламинарии, специальный штамм хлореллы, то существенно снижается риск развития отдаленных эффектов облучения: для лейкемии, например, в 2–6 раз, для основных форм рака — в 1.5–2.5 раза.

Шандала Н.К., Книжников В.А., Калистратова В.С. и др.

Государственный научный центр РФ "Институт биофизики", Москва.

Известно, что клеточная ДНК повреждается многими внешними и внутренними агентами. Особенно разрушительно действие эндогенных активных форм кислорода (АФК) и других оксидантов. И хотя клетки млекопитающих имеют специальные системы защиты генома, их эффективность не всегда достаточна, а значит, они нуждаются в постоянной дополнительной поддержке. Ее могут обеспечить не синтезируемые в организме антиоксиданты, такие как ликопин, витамины Е, С, фолиевая кислота, микроэлементы селен и цинк. Их введение в диету человека и других млекопитающих уменьшает повреждение митохондриальной и ядерной ДНК, частоту спонтанных и индуцированных генных и хромосомных мутаций; задерживает гибель клеток и развитие дегенеративных процессов, связанных со старением; снижает риск возникновения раковых и других патологий.

Генозащитные эффекты диетических антиоксидантов, видимо, обусловлены непосредственным перехватом АФК или

тушением возбужденных состояний молекул в клетках. Но основной механизм действия связан с активацией "защитных" генов: тех, которые предотвращают апоптоз, генов супероксиддисмутазы, каталазы, глутатионредуктазы, теплового шока и некоторых ДНК-репарирующих генов. Кроме того, за счет антиоксидантов снижается количество повреждений в мембранах и белках, поддерживающих структурно-функциональную стабильность генома.

Известно, что метаболическая активность тканей мозга и сердца наиболее высока и поэтому уровень АФК в них значительно выше, чем в других органах. Следовательно, сердце и мозг больше нуждаются и в защите от АФК, но, к сожалению, способность диетических антиоксидантов снижать повреждения в этих тканях пока мало изучена.

Газиев А.И.

Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Пущино.

Растительные белковые продукты традиционно извлекаются из сырья фракционированием. Однако далеко не всегда в промышленной технологии удается сохранить биологически ценные компоненты сырья, а тем более улучшить органолептические и технологические свойства получаемого продукта.

Между тем известно, что преобразование растительного сырья естественным образом происходит во время прорастания семян: запасенные в них белки прежде всего подвергаются автолизу (перевариванию), который осуществляется собственными ферментными системами. Исходя из этого, и в промышленном производстве можно использовать ферменты семян (так называемые ферментативные затравки), чтобы инициировать переваривание тех

белков, которые плохо усваиваются организмом или придают продукту неприемлемый вкус или запах. Фактически, такая технология представляет собой разновидность индуцированного автолиза.

Благодаря этой технологии удалось сильно улучшить качество муки фуражных сортов зернобобовых культур — гороха и кормовых бобов. Полученные на ее основе комбинированные мясopодукты не уступают, а то и превосходят по вкусу, запаху, технологическим свойствам и пищевой ценности те продукты, которые специально обогащают соевым белком.

Браудо Е.Е.

Институт биохимической физики РАН, Москва.

Известно, что население развивающихся стран страдает от дефицита белков животного происхождения, ряда витаминов, микро- и макроэлементов, таких как кальций, железо, фтор, селен, цинк. В развитых же странах, где технический прогресс достиг высокого уровня, человек стал малоподвижен, его энергетические затраты сведены к минимуму. Поэтому снижена и потребность в энергии, а следовательно, и в пище как единственном ее источнике для человека. Однако в витаминах и минеральных веществах он нуждается не меньше, чем прежде, но со сниженным рационом не может получить их в необходимом количестве.

В устранении такого дисбаланса возлагаются большие надежды на биотехнологию — создание новых сельскохозяйственных культур с заданными свойствами (к 1998 г. в коммерческий обиход введено 56 побочных культур). Разработаны также генно-инженерные технологии, которые позволяют получать продукты с улучшенными пищевыми и вкусовыми качествами, увеличенными сроками хранения.

За счет высоких технологий в пищевой промышленности создаются разнообразные продукты заданного химического состава, например специализированное детское пита-

ние, необходимое для полноценного развития ребенка. Но наиболее эффективно и быстро улучшают структуру питания населения биологически активные добавки — вита-

мины, минеральные вещества, отдельные жирные кислоты, фосфолипиды.

Тутельян В.А.

Институт питания РАМН, Москва.

Этими рефератами можно бы и ограничиться, но не потому, что нельзя объять необъятное. Есть несколько вариантов тезисов, недоступных реферированию. Многие из них представляют собой лишь подступы к теме заявленного доклада, конкретные же данные отсутствуют, они отложены для устного изложения. А между тем именно тезисы считаются научной публикацией! Другой вариант, правда, здесь редкий — конспект будущей речи, очень сжатый, почти телеграфный: мол, не забыть бы упомянуть.

Лексикон некоторых тезисов поразительно напоминает языковое “богатство” людоедки Элочки. Зацепившись за несколько слов, автор повторяет их без всяких ограничений, не удосуживаясь отыскать в русском языке ни единого синонима. В результате иногда даже теряется смысл написанного. Вот пример такого рода (в приведенных цитатах сохранены авторские орфография и пунктуация).

“...Под “здоровьем среды”, в самом общем смысле, понимается ее состояние (качество), необходимое для обеспечения здоровья человека и других видов живых существ. <...> При очевидной связи здоровья человека и здоровья среды определение степени влияния экологических факторов на состояние здоровья человека сопряжено со сложностями оценки общего состояния здоровья человека и его возможного изменения и определения величины той части снижения, или ущерба здоровью человека, которая определяется негативным влиянием среды.

<...> При разработке такой объективной интегральной оценки здоровья среды, она могла бы стать основой для любых оценок качества среды (а под здоровьем понимается качество. Значит, оценка здоровья — для оценки здоровья? Или оценка качества — для оценки качества? — ЛБ.), оценки реальной антропогенной нагрузки и предельно допустимой нагрузки, любых форм экологического контроля, мониторинга, экспертизы, аудита (проверки отчетности и финансового положения? — ЛБ.), оценки степени благоприятности среды для человека, уровня экологического риска, потенциального или реального ущерба здоровью человека и здоровью среды”.

Автор (Захаров В.М. Институт биологии развития РАН, Москва) сетует, что “непризнание связи здоровья человека и здоровья среды обусловлено отчасти недостаточной разработанностью критериев оценки и, главным образом, непониманием существа проблемы...”. Действительно, его трудно понять, читая тезисы, а между тем их автор не чужд печатных изданий — он главный редактор бюллетеня “На пути к устойчивому развитию России”. Слова “кто ясно мыслит, тот ясно излагает” напрашиваются сами собой.

В сборнике много места уделено технологиям, в том числе и биотехнологии. Одна из посвященных ей публикаций воспринимается просто как ода. Дифирамбы биотехнологии поются совершенно безудержно, а их смысл подчас фантастичен. Именно с ее помощью предполагается “совершенствование организма человека, его приспособительных возможностей для решения продовольственных проблем”. Перспективы этого направления, по мнению автора (Быков В.А. Всероссийский институт лекарственно-ароматических растений, Москва), самые невероятные: “использование сапрофитной микрофлоры для решения проблемы питания организма; иные варианты введения питательных веществ с трансформацией пищеварительного тракта; возможности достижения биодоступности из различных агрегатных состояний, включая газовые и т.д.”. Не станут ли наши потомки автотрофными, поселив в своем организме какие-нибудь клубеньковые бактерии, которые будут усваивать азот из воздуха? Но пока суть да дело, а желудок (и весь еще неусовершенствованный тракт) требует пищи. Поэтому уже сейчас необходимо решать “вопросы получения сбалансированных углеводно-белковых рационов с формированием органолептических образов с помощью **видео и видео-пищевых добавок**” (выделено мной. — ЛБ.). Может быть, имеется в виду, что, поедая “пищевое средство” — белок, произведенный дрожжами, и одновременно любясь видом бифштекса или окорока на экране, человек ощутит их вкус и запах и будет поглощать дрожжевой белок с тем же наслаждением, что и мясные блюда? Или автор понимал как-то иначе “видео- и видео-пищевые” добавки, но не расшифровал их для сторонних людей?

С экрана телевизора нас учат (к сожалению, только по каналу “Культура”) правильно говорить по-русски, а владеть родной письменностью учили в школе... Прискорбно, что в этом нуждаются люди не просто с высшим образованием, но обремененные научными степенями.

Думаю, здесь будет кстати небольшая публикация “Post scriptum” — нечто вроде “правил для авторов”. Загляните в конец этого номера “Природы”.

О Л.П.Белянова,

кандидат химических наук ■

Л.Э.Гуревич — педагог и ученый

Р.Ю.Волковский,
доктор педагогических наук
Военно-морской институт радиоэлектроники
Санкт-Петербург

Эта книга посвящена памяти профессора Льва Эммануиловича Гуревича (1904—1990) — одного из основателей современной физической кинетики. Тираж книги 500 экз., так что далеко не все читатели “Природы”, узнавшие из сообщения в №3 за 1999 г. о ее выходе, получили возможность с ней ознакомиться. Круг же потенциальных читателей достаточно широк, поскольку жизнь и труды выдающегося физика-теоретика, открывшего в 40-х годах знаменитый “эффект Гуревича” — увлечение электронов фононами, представляют несомненный интерес.

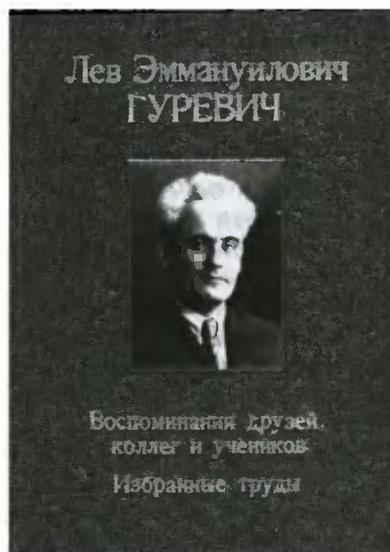
Рискну утверждать, что именно избранные труды Гуревича заинтересуют физика в этом издании. Из более чем 250 работ ученого в книге перепечатана 21. Публикация даже относительно небольшой части его научного наследия дает хорошее представление о характере деятельности и достижениях этого замечательного физика. Кроме того, в книге имеется почти полная библиография его трудов.

Первая часть — воспоминания — невелика по объему и вряд ли в полной мере пред-

ставляет образ Льва Эммануиловича. О молодых годах Гуревича, о начале его деятельности в научной школе Я.И.Френкеля смог теперь рассказать только Л.А.Сена. Ушли из жизни раньше Л.Э.Гуревича его младшие товарищи — Я.Б.Зельдович, С.В.Измайлов, О.М.Тодес, М.В.Волькенштейн. Опубликованные воспоминания учеников Льва Эммануиловича неизбежно ограничены временными рамками работы с учителем и, как правило, касаются совместной с ним научной проблематики.

В сборнике не представлена деятельность Гуревича в Педагогическом институте им.А.И.Герцена — ЛГПИ (ныне Российский государственный педагогический университет). Что касается обстоятельств его поступления на работу в этот институт, описанных в воспоминаниях А.Д.Чернина, то они не соответствуют действительности.

Гуревич заведовал кафедрой теоретической физики и астрономии ЛГПИ с 1945 по 1948 г. По свидетельству М.П.Чесноковой, окончившей институт в 1948 г., она студенткой участвовала в работе научного семинара под руководством Гуревича и надеялась на дальнейшее сотрудничество с ним в аспирантуре.



Лев Эммануилович Гуревич: Воспоминания друзей, коллег и учеников. Избранные труды

Под ред. В.И.Перель и Г.Г.Зегря.
С.-Петербург: Институт ядерной физики
им.Б.П.Константинова РАН,
1997. 352 с.

© Р.Ю.Волковский

Однако в том же году Лев Эммануилович перестает работать в Пединституте. Он возвращается туда, на кафедру экспериментальной физики, которой заведовал Ю.С.Терминасов, лишь в 1951 г. и только в 1953 г., после отъезда в Москву профессора А.И.Лебединского, переходит на кафедру теоретической физики, которой с 1949 г. заведует его близкий друг Измайлов.

Как раз в 1953 г. я перешел на третий курс Пединститута и начал слушать курсы теоретической физики. Случилось так, что в сентябре 1953 г., когда были в отпуске С.В.Измайлов и М.А.Ельяшевич, Лев Эммануилович читал параллельно термодинамику, электродинамику и астрономию.

О манере чтения лекций Гуревичем очень точно рассказал в своих воспоминаниях С.Т.Павлов. Я бы еще отметил удивительный педагогический талант Льва Эммануиловича. Он хорошо представлял себе уровень подготовленности студентов, и лекции его были всегда понятны; к тому же записывать их можно было без особого напряжения — внимание концентрировалось на содержании. В связи с этим вспоминаю, как значительно позже, в 1960 г., когда Гуревич был моим оппонентом на защите кандидатской диссертации, стенографистка сожалела, что не потребовался текст его выступления: «Он так замечательно говорит, я так хорошо все записала!» В спорных вопросах науки он был удивительно беспристрастен. Излагая альтернативные космогонические гипотезы, он не выказывал предпочтения ни одной из них, хотя мы хорошо знали о его работах с Лебединским, вокруг которых тогда шли жаркие дискуссии. Когда же ему был задан вопрос по этому поводу, он ответил, что происхождение планет — часть нерешенного вопроса об эволюции звезд и галактик.

$$j = - \alpha \sigma \nu T$$

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$$

$$T \ll \Theta_D$$

$$\alpha_1 \sim T / e \epsilon_F$$

$$\alpha_2 \sim T^2 / e \Theta_D^2 \quad \text{Л.Э.Гуревич, 1946}$$

Спокойствие и выдержка никогда не изменяли Льву Эммануиловичу. На проходивших в эти годы совещаниях по космогонии его хорошо аргументированные выступления резко контрастировали с эмоциональными и резкими Лебединского.

Гуревич был руководителем теоретического семинара кафедры, причем в этой роли проявил себя диктатором. Измайлов звал его (за глаза) «тигром»; он говорил мне, что так называли Льва Эммануиловича еще на семинаре у Френкеля. Замечу, что в книге, в подписи под фотографией, изображающей участников семинара (с.34), пропущен Л.Д.Ландау, стоящий рядом со Львом Эммануиловичем, неправильно указана фамилия Л.В.Розенкевича (стоит рядом с Ландау), а М.В.Мачинский почему-то назван Манюсным.

Лев Эммануилович не пропускал ни заседаний семинара, ни частных разговоров во время доклада. «Для большей части аспирантов герценовского института, — говорил он, — кандидатская диссертация является их первой и последней научной работой, что весьма прискорбно. Семинар необходим каждому из вас, если вы хотите стать настоящими исследователями».

Круг вопросов, рассматриваемых на семинаре, был очень широк. Запомнилась серия блестящих докладов Волькенштейна по физике полимеров и биофизике. Вначале он был у нас гостем, а позднее, когда сменил на кафедре Ельяшевича, уехавшего в Минск, — постоянным участником. Когда докладывались работы по квантовой теории поля, Михаил Владимирович пропускал заседания, объясняя, что для понимания этих проблем нужна подготовка сверх традиционного физического образования. Однажды Волькенштейн все же присутствовал на таком заседании. Услышав, что кто-то разговаривает, Лев Эммануилович сделал замечание в не слишком деликатной форме. Михаил Владимирович принял это спокойно, но аспиранты были обескуражены. Подозреваю, что Лев Эммануилович просто не видел, кто именно — нарушитель порядка.

Темы докладов отбирались руководителем тщательно, в соответствии с его представлением о значимости работ. Когда кто-то (может быть, Волькенштейн) предложил обсудить работу Пригожина, Лев Эммануилович сказал, что до сих пор все исследования

по термодинамике необратимых процессов, которые ему приходилось обсуждать, тривиальны, и он сомневается в том, что предлагаемая работа интереснее предыдущих. Насколько я помню, доклада не было.

В самом начале работы в аспирантуре Гуревич поручил мне сделать сообщение о статье в мало знакомой мне области. Я выразил сомнение в компетентности, на что Лев Эммануилович уверенно заявил, что моей квалификации для понимания этой статьи достаточно, а если возникнут трудности, он готов помочь. В результате я впервые оказался в квартире на 10-й Советской, где познакомился с женой Ольгой Дмитриевной и девятилетней дочерью Олей. Я рассказал Льву Эммануиловичу о своих затруднениях (они были следствием пресловутого “нетрудно показать, что...”), и Гуревич стал объяснять мне вывод, делая в уме выкладки (он уже тогда плохо видел). Через некоторое время остановился и спросил: “Вы успеваете за мной следить?”

Требовательность к качеству докладов и дисциплине слушателей была жесткой. Тем не менее семинары часто проходили не только живо, но и весело. Лев Эммануилович ценил остроумие, и сам любил пошутить. Как-то около его стола не оказалось стула, и он потребовал: «Дайте мне стуло!» «Лев Эммануилович, почему “стуло”?» — спросил М.И.Клингер. На что последовал ответ: «Вы не видели “Обыкновенный концерт” у Образцова. Это серьезный пробел в вашем образовании».

В 1961 г. по рекомендации Гуревича я был принят на должность доцента кафедры физики Ленинградского ин-

ститута инженеров железно-дорожного транспорта (ЛИИЖТ), которую в том же году возглавил Л.Т.Турбович. Он был одним из первых аспирантов Льва Эммануиловича, личность яркая, человек большого обаяния, очень энергичный и быстро вникающий в любую проблему, но для теоретика несколько поверхностный. Лев Эммануилович мне его охарактеризовал так: “Наукой он давно не занимается, но человек вполне порядочный”. Впоследствии Турбович стал известен как один из основоположников информационных технологий в педагогике. В ЛИИЖТе я защитил диссертацию под руководством Гуревича.

Когда я позвонил Льву Эммануиловичу по поводу работы, он мне сказал: “Вы очень нужны, но у меня к вам два вопроса. Один из них я вам задам по телефону: вы получили диплом кандидата наук?” Чтобы Лев Эммануилович мог задать второй вопрос, я был приглашен к нему домой. Вопрос, разумеется, касался моей национальности. Получив на него ответ, Лев Эммануилович позвонил Турбовичу: “Лева, — услышал я, — по паспорту он русский...” Тут же он передал ответ Турбовича: “Этого достаточно, детали его родословной меня не интересуют”, — и пригласил меня к телефону договориться о встрече.

Нельзя не рассказать о роли Льва Эммануиловича в присуждении степени доктора наук Измайлову. Жанр диссертации Сергею Валентиновичу был настолько чужд, что к 55 годам он, будучи известен своими трудами и давно заведующий кафедрой, доктором еще не был. Диссертации он так и не написал, но был представлен ученым советом института к степени доктора физико-математических наук за учебник

“Электродинамика”. На защите его оппонентом был Гуревич. Измайлову предложили степень доктора педагогических наук, но он отказался. Тогда Лев Эммануилович пишет (точнее, диктует) письмо на имя председателя ВАК, в котором перечисляет заслуги Измайлова и обосновывает необходимость присуждения ему степени доктора физико-математических наук. Сам он это письмо не подписывает, но под ним ставят подписи В.А.Фок, Я.Б.Зельдович, Ю.Б.Харитон и академики Белорусской АН М.А.Ельяшевич и Б.И.Степанов. Вскоре Измайлов показал мне письмо от В.П.Джеллепова с поздравлением; оно пришло раньше официального извещения о решении ВАК.

Празднование 70-летия Измайлова в 1979 г., о котором пишет Чернин в своих воспоминаниях, было незабываемым. В центре внимания, конечно, кроме юбиляра — Гуревич и Тодес. Все они были очень оживлены и, перебивая друг друга, рассказывали истории из своей молодости. “Каковы старики!” — восхищались молодые гости юбиляра. А Лев Эммануилович заметил, что 70 — это почти молодость, ведь ему уже 75.

Увы, через пять лет, когда мы собрались вновь почти в том же составе, было заметно, как постарели за эти годы наши учителя. Теперь их нет с нами. В отличие от имен знаменитых друзей — Ландау, Харитона, Зельдовича — их имена мало известны за пределами научного мира. Уход из жизни, а до того — их многолетний плодотворный труд не были замечены ни властями, ни широкой общественностью. Однако их вклад в науку и образование, особенно — в воспитание следующего поколения ученых, трудно переоценить. ■

Астрономия

В.Г.Сурдин. РОЖДЕНИЕ ЗВЕЗД.
М.: Эдиториал, 1999. 232 с.

Область астрономии, исследующая происхождение и развитие галактик, звезд и планет — космогония, — развивается сейчас весьма бурно. Астрономы работают над проблемой совместного происхождения разнообразных небесных тел. Сооружены за последние 10 лет крупные (если не сказать — гигантские) наземные и космические телескопы дают бесценную информацию: открыты внесолнечные планетные системы, найдено “промежуточное звено” между звездами и планетами — тусклые (коричневые) карлики, обнаружены области “взрывного” звездообразования в ядрах активных галактик.

В основу книги положен курс лекций “Звездообразование”, читаемый автором студентам-астрономам на физическом факультете Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова. Рассказано о строении межзвездной среды, о разнообразии химических элементов и физических условий в плотных газопылевых облаках и их эволюции. Особенно подробно описаны так называемые гигантские молекулярные облака, в которых формируются звезды и звездные скопления. Приведены данные о молодых и формирующихся звездах, наиболее интересных областях звездообразования.

В книге описаны физические процессы, приводящие к рождению одиночных звезд и небольших звездных систем, таких как двойные и кратные звезды, ассоциации и скопления. Особенно интересны данные об активности молодых звезд, связанной с околосветными дисками

и вырывающимися из них газовыми струями.

Геронтология

В.Н.Анисимов, М.В.Соловьев. ЭВОЛЮЦИЯ КОНЦЕПЦИЙ В ГЕРОНТОЛОГИИ. СПб.: Эскулап, 1999. 130 с.

Наш век недолог. Нам немудрено

Прельстись перелицованным

старьем.

Мы верим, будто нами рождено

Все то, что мы от предков узнаем.

У.Шекспир. Сонет 123

Геронтология (от греч. gerontos — старец, logos — учение) — наука, изучающая феномен старения живых существ, в том числе человека. Впервые термин был предложен И.И.Мечниковым в 1903 г. Современная геронтология — междисциплинарная наука, в состав которой входят биология старения, клиническая геронтология (гериатрия), геронтопсихология и социальная геронтология (геронтогигиена).

Задача биологии старения — выяснение первичных механизмов старения организмов и популяций, а также факторов, определяющих продолжительность жизни. Изучение биологии старения включает как экспериментальные исследования животных различных видов, так и клинические исследования людей в определенные периоды жизни. Задача клинической геронтологии, развивающейся области современной медицины, — изучение физиологии старого человека, особенностей течения у него патологических процессов и заболеваний. Геронтопсихология изучает психику, а также возрастные изменения в поведении живых существ. Социальная геронтология выясняет влияние условий жизни и окружающей среды на старение и продолжительность жизни человека.

В книге изложена оригинальная периодизация развития геронтологии, ее перспективы в России. Проанализированы концепции природы старения.

Геофизика

М.А.Садовский. ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ: ГЕОФИЗИКА И ФИЗИКА ВЗРЫВА. М.: Наука, 1999. 335 с.

Михаил Александрович Садовский (1904—1994) выдающийся ученый, экспериментатор, занимавшийся изучением механического действия взрыва, очага землетрясений, а также сейсмической безопасностью и моделированием геофизической среды. Он сформулировал принцип энергетического подобия, на основании которого вывел эмпирические формулы для расчета импульсной нагрузки ударной волны и оценки действия взрыва, широко известные как формулы Садовского. Более 30 лет он возглавлял Институт физики Земли им.О.Ю.Шмидта РАН.

Книга состоит из четырех частей. В первой собраны ранние работы ученого, длительное время остававшиеся недоступными для широкой научной общественности. Описан метод определения сейсмически безопасных расстояний при взрывных работах. Его до сих пор используют в строительстве и в горном деле. Во второй части представлен цикл работ, посвященных проблеме структурного строения литосферы и протекающих в ней процессов. В третьей части рассмотрена проблема прогнозирования землетрясений. В четвертой изложены взгляды ученого на проблему строения и развития Земли.

Ю.В.Павленко, Ю.Н.Ранюк, Ю.А.Храмов. "ДЕЛО" УФТИ: 1935—1938. Киев: Феникс УАННП, 1999. 215 с.

Становление и развитие современной физики на Украине сопровождалось не только успехами. Наиболее мрачные страницы в ее историю вписала сталинщина.

Украинский физико-технический институт был основан в 1928 г. в Харькове и вскоре стал форпостом "новой" физики в СССР. Уже в 1932 г. в институте, и впервые в стране, расщеплено атомное ядро искусственно ускоренными протонами, что положило начало ядерно-физическим исследованиям, заработала первая в СССР криогенная лаборатория, начали формироваться научные школы в области теоретической физики.

В институте в разное время работали выдающиеся ученые, в том числе зарубежные, многие из которых пострадали в 30-е годы. Среди репрессированных — Л.В.Шубников, Л.В.Розенкевич, В.С.Горский, И.В.Обреимов, А.И.Лейпунский, Л.Д.Ландау, А.Вайсберг, Ф.Хоутерманс и др. Одни из них погибли и, хотя впоследствии были реабилитированы, значились "фигурами умолчания", другие, вышедшие на свободу, с ужасом вспоминают пережитое.

Авторы использовали ставшие доступными зарубежные издания прошлых лет, архивы Харьковского областного управления КГБ, сохранившиеся довоенные архивы института, воспоминания физиков-ветеранов — А.И.Судовцова, Р.А.Гарбера, В.С.Гуменюка, А.И.Ахизера, Л.И.Пивоварова, а также изданные в 1951 г. в Лондоне воспоминания

А.Вайсберга и Ф.Хоутерманса.

Книга не только о "деле" УФТИ. Она о трагической судьбе харьковских физиков, вечным памятником которым будут не только полученные ими результаты, но и подвиг ученых, и в то же время боль о тех далеких и тревожных днях отечественной физики.

В.В.БЕЛОУСОВ / Отв. ред. В.Н.Шолпо. М.: ОИФЗ РАН, 1999. 400 с.

Мне хотелось бы, чтобы в ближайшие годы мы узнали о глубоких недрах Земли, по крайней мере столько же, сколько за последние годы стало известно нового о космическом пространстве.
В.В.Белюсов
Известия, 1962. 31 дек.

Сборник воспоминаний посвящен известному российскому геологу Владимиру Владимировичу Белоусову (1907—1990), члену-корреспонденту РАН. Он разработал концепцию развития земной коры, основанную на первичности вертикальных движений, занимался тектоникой и тектонофизикой.

Книга состоит из двух частей. В первую вошли воспоминания учеников и сотрудников. В следующей публикуются автобиографические записи самого Белоусова. Период — от детских лет до начала работы в Геолкоме. Там же воспроизведены два очерка из обширного литературного наследия ученого, связанного с его работой в журнале "Всемирный следопыт".

На ежегодных научных семинарах, посвященных памяти Белоусова, иногда звучали выступления о нем самом. К традиционным юбилейным годовщинам подготавливались стенды с фотографиями, а также серии слайдов, как правило, отражавшие его за-

рубежные поездки. Эти далеко неполные и отрывочные материалы неизменно вызвали большой интерес его коллег. И это побудило сотрудников Объединенного института физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН собрать и сохранить для будущего более полные материалы, характеризующие живой образ ученого, воссозданный из отдельных фрагментов воспоминаний.

Книга стала данью памяти выдающемуся ученому нашего времени, которого с полным основанием можно отнести к профессионалам высокого уровня, к естествоиспытателям, плеяда которых украшает российскую науку уходящего XX в.

М.Бессараб. ФОРМУЛА СЧАСТЬЯ ЛАНДАУ. М.: ТЕРРА—Книжный клуб, 1999. 304 с. (Портреты)

Вышла новая книга Майи Бессараб, посвященная Льву Ландау. О нем при жизни ходили легенды, его высказывания становились крылатыми фразами, он любил шутки и розыгрыши.

Лев Давидович Ландау — блестящий физик-теоретик уходящего столетия, лауреат Нобелевской и многих других премий. Результат его труда огромен: целая серия блестящих работ, многотомный "Курс теоретической физики", создание научной школы.

Ландау очень сожалел, что не опубликовал своей формулы счастья и теории, как надо жить. Он считал, что каждый человек должен всю жизнь работать над собой.

О непростой судьбе выдающегося ученого, о том, как трудилась душа Ландау, как он формировал свою личность, как стал счастливым человеком, и написана книга. ■

Пионеры лесоводства России

А.Н.Поляков,
кандидат сельскохозяйственных наук
Москва

1 октября 1857 г. молодой, 28-летний, но уже известный писатель, автор повестей "Детство", "Отрочество" и других произведений, участник военных действий на Кавказе и обороны Севастополя, верхом отправляется в Моховое, что почти в 300 км от Ясной Поляны. Что же побудило Льва Николаевича Толстого совершить такой неблизкий путь?

Моховое — имение старинного дворянского рода Шатиловых. Оно расположено в Новосильском уезде Тульской губернии (ныне Новодеревеньковский р-н Орловской обл.), в лесостепной зоне. Хозяева имения решили улучшить состав насаждений путем посадки ценных пород и пригласили немецкого садовода-агронома Ф.Х.Майера.

Франц Христианович Майер родился в 1783 г. в Ганновере (Германия), где получил образование по садоводству. В 1801 г. он приехал в Россию и принял русское подданство. Вначале Франц был управляющим в имении князя Б.А.Голицына в с.Ломец Новосильского уезда. В 1817 г. он пожизненно становится управляющим в имении Шатиловых. Здесь расцвел его талант.

В 1821 г. было решено создать парк, примыкающий



Франц Христианович Майер.

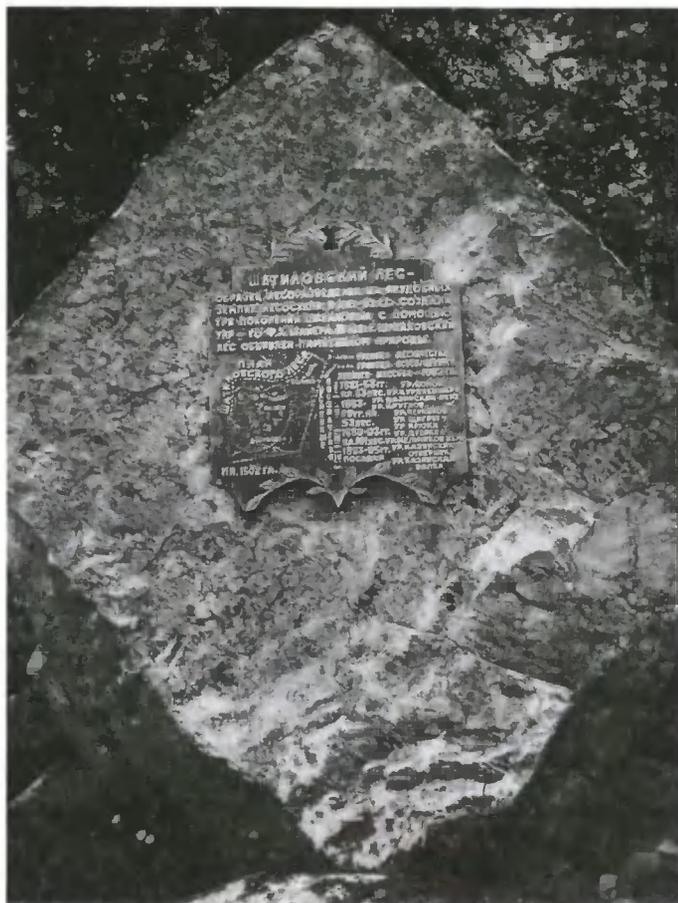


Лев Николаевич Толстой.

к усадьбе. Вначале Майер высевал семена различных деревьев непосредственно в лесу, но там они часто погибали и росли плохо. После многочисленных поисков в 1839 г. он закладывает открытый питомник в пойме р.Раковки, протекавшей в парке. Семена лиственницы сибирской закупались на Урале и в Дармштадте (Германия), а остальные собирались с местных насаждений. Майер доказал на деле возможность успешного роста посадок ели. Профессор М.К.Турский, в течение пяти лет рассылавший семена ели в южные районы России, отмечал ее успешный рост в условиях степи на глубоком тучном черноземе.

В качестве примера он приводил Моховое, где посадки ели к 1886 г. достигали более 100 га. С 1821 по 1853 г. в Моховом под руководством Майера посажено 90 га леса. Он глубоко изучил особенности роста ели, дуба, сосны обыкновенной и веймутовой, лиственницы сибирской, березы и других пород на черноземе. Его рекомендации по их успешному выращиванию не потеряли значения до настоящего времени¹. Созданный Майером питомник получил общероссийскую известность. Он снабжал

¹ Майер Ф.Х. О заведении разных лесных пород на степном черноземе. М., 1848.



Иосиф Николаевич Шатилов.

Памятник Шатиловскому лесу

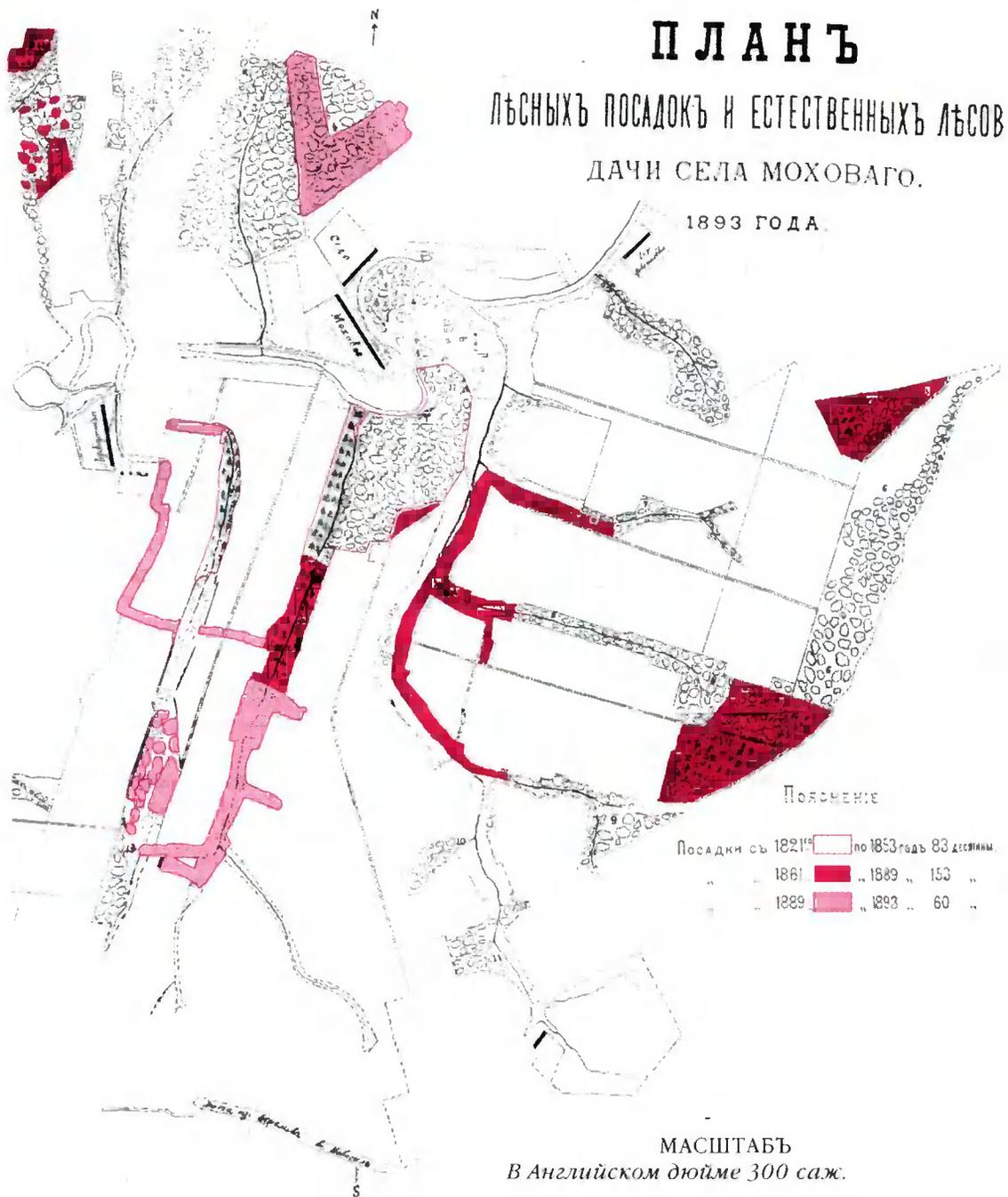
посадочным материалом не только собственное хозяйство, но и хозяйства Тульской, Орловской, Тамбовской, Воронежской и других губерний.

Свой огромный, почти 55-летний опыт в области ведения лесного хозяйства в условиях степи Майер обобщил в трех томах собрания сочинений (1850—1854). Именно к нему в 1857 г. отправился Толстой, о нем записал в дневнике: “Ясная, просторная голова”. Толстой советовался с ним по различным вопросам лесного хозяйства, о чем свидетельствует их переписка. Лев Николаевич настолько заинтересовался делом, что готовил проект о лесоразведении в Тульской губернии и надеялся привлечь к этому делу Майера. Писатель приобрел в Моховом 536 саженцев сибирской лиственницы для посадки в Ясной Поляне.

Трудно переоценить заслуги Майера и в области сельского хозяйства. Он ввел периодическую глубокую вспашку чернозема, для чего применял усовершенствованный им плуг. Вспашка повторялась через каждые три года, причем под картофель под зиму на 22—27 см, а под свеклу — до 31—36 см. Чтобы достичь такой глубины, сначала использовали плуг или соху, а затем по проложенной борозде пускали углубитель конструкции Майера, который рыхлил почву без полного оборота пласта. Отбор семян осуществлялся с помощью конной сеялки его же конструкции, сбрасывавшей наиболее тяжелые семена в отдельную емкость. Таким же путем возделывались пшеница и рожь. Уже после смерти Майера образцы пшеницы демонстрировались на Парижской выставке 1866 г. и были удостоены бронзовой медали.

Его избрали почетным членом Комитета при Императорском обществе сельского хозяйства, действительным членом Императорского вольного экономического общества (ИВЭО). Скончался он в 1860 г. и похоронен у стен Казанской церкви в Моховом. ИВЭО учредило в память Майера золотую медаль. Этой высокой награды был удостоен продолжатель его дела Иосиф Николаевич Шатилов.

Иосиф Николаевич родился 6 апреля 1824 г. в Москве. Детские годы прошли в Моховом, где он часто бывал у Майера, деятельность которого побудила юношу в дальнейшем заниматься естественными науками. Иосиф получил хорошее домашнее образование, владел тремя иностранными языками. Его отец рано умер, и дядя отправил племянника в Санкт-Петербург



План Мохового. 1893 г.

в корпус инженеров путей сообщения. Однако Иосиф посещал лекции по зоологии в университете и занимался препарированием птиц. В 1843 г. Шатилов экстерном сдал выпускные экзамены в Харьковском университете и поступил на службу в кан-

целярию керченского градона-чальника. В 1850 г. он становится уездным предводителем ялтинского дворянства, но спустя два года оставляет службу и принимает в управление общее с дядей имение Тамак в Федосийском уезде (ныне "При-

морье"). При участии известного натуралиста Г.И.Радде Шатилов начинает собирать коллекцию птиц. Он написал о птицах Крыма четыре статьи, составил каталог и был избран почетным членом Московского университета "...за содействие устройству

Зоологического музея". В 1864 г. умирает его дядя, и Иосиф Николаевич становится единственным владельцем шатиловских имений. Он уезжает из Крыма и поселяется в Моховом. Тогда же его избирают президентом Императорского московского общества сельского хозяйства (ИМОСХ). Он занимал эту должность в течение 25 лет, т.е. до конца своей жизни (1889).

Главная цель хозяйства, считал Шатилов, состоит в увеличении и удешевлении производства животных и растительных продуктов. Успех земледелия в средней полосе России зависит главным образом от хорошего удобрения земли и ее своевременной обработки. Тогда бытовало мнение, что богатая черноземная земля не нуждается в удобрении, поэтому навоз от скотных дворов часто сваливали в ямы и овраги. Шатилов на практике доказал, что удобрение навозом приводит к повышению урожайности. Он применял глубокую вспашку чернозема, считая, что "углубление пашни... необходимое условие для достижения лучшей обработки земли"². Большое внимание Шатилов уделял травосеянию. Сначала он использует семена люцерны, покупаемые в Европе. Но она оказалась непригодной в силу своей слабой зимостойкости. Тогда он проводит опыты с крымской люцерной, произрастающей в его имении Тамак и переносившей 20-градусные морозы. Внедрение ее в Моховом дало хорошие результаты. Шатилов выращивал люцерну не в полевых севооборотах, а на участках около ферм. Там самым укреплялась кормовая база хозяйства. Его младший сын Иван Иосифович пожертвовал в 1896 г. участок земли для организации опытной сельскохозяйственной станции, получившей название Шатиловской.

Продолжая работы по облесению земель, начатые Майером, Иосиф Николаевич увеличил площадь лесного питомника, где продолжал выращивать саженцы дуба, ели, лиственницы сибирской, сосны обыкновенной и веймутовой, березы и других пород. Шатилов ввел ряд новшеств. Вместе со своим сыном Иваном он применяет массовое выращивание саженцев на семенных грядах. Экспозиция моховского питомника демонстрировалась на Политехнической выставке в Москве в 1872 г.

В 1865 г. в Моховое во второй раз приезжал Толстой. Встречу с Шатиловым, продолжавшуюся в течение пяти дней, писатель назвал чрезвычайно приятной и поучительной. И далее: "Это, наверно, самое замечательное хозяйство в России, а он один из самых милых по простоте, уму и знанию людей"³. Толстой неоднократно обращался за советами к Шатилову, считая его, как и Майера, наиболее компетентным и авторитетным специалистом в области сельского и лесного хозяйства.

Оригинальная система лесоразведения в Моховом состояла в том, что создавался не сплошной лесной массив, а перелески, посаженные главным образом на склонах балок и оврагов. Между ними располагались пахотные поля, по границам которых сажались полезащитные полосы.

В 1871 г. профессор В.Т.Собичевский выступил на годовичном собрании Петровской земледельческой и лесной академии с призывом об организации в России опытных лесоводческих станций. Одним из первых откликнулся Шатилов. Он предложил организовать такую станцию в Моховом. В конце 1871 г. здесь было заложено три пробные площади. Измерения на нескольких пробных площадях произвел М.К.Турский, от-

метивший успешный рост ели, лиственницы, дуба и особенно сосны веймутовой. К сожалению, архивные материалы и сами пробные площади к настоящему времени не сохранились. В Моховое неоднократно приезжали профессора В.В.Докучаев, В.Я.Добровлянский, А.В.Тюрин. В 1906—1907 гг. там же провел обстоятельное исследование почв под лесонасаждениями будущий профессор, а тогда стипендиат М.Е.Ткаченко. Шатилов неоднократно выступал против хищнической рубки лесов, находившихся в частной собственности, и за установление общественного контроля. Будучи членом комиссии по преобразованию Петровской академии, Иосиф Николаевич внес ряд предложений по реорганизации учебного процесса и приема студентов. Он предлагал обеспечить доступ в нее лучшим выпускникам земледельческих училищ, выходцам из земледельческих сословий, молодым людям, имеющим практический стаж работы.

За большие успехи на посту президента ИМОСХ Шатилов награжден орденом Св.Станислава I степени. Он избирался почетным членом Московского лесного общества и Петровской академии, был вице-президентом иностранной секции Парижской сельскохозяйственной академии и членом 31 научного и сельскохозяйственного общества. 26 декабря 1889 г. Иосиф Николаевич скоропостижно скончался.

Шатилов похоронен в Моховом. Могила его находится за оградой Казанской церкви, недалеко от могилы Майера. Так закончили свой путь два славных деятеля России, пионеры степного лесоразведения на черноземах. Но остались их посадки, самым старым из которых 130—150 лет.

Посадки Майера и Шатилова еще долгие годы будут неуважаемым зеленым памятником их создателям! ■

² Журнал заседаний ИМОСХ. М., 1864. С.136.

³ Толстой Л. Н. Полное собрание сочинений: В 90 т. М., 1936—1953. Т.61. С.95.

К нашим читателям и авторам

“Природа” изменила формат и выходит в новом оформлении. Связано это с возможностями и требованиями современной компьютерной техники и печати. Но хотя облик журнала стал заметно другой, “Природа” по-прежнему верна своим принципам, которые были заложены еще ее основателями.

ДОСТУПНО О САМОМ СЛОЖНОМ

Тематика журнала традиционно охватывает весь спектр естественных наук. Как правило, наши читатели — люди с высшим образованием, желающие знать, что происходит в естествознании за пределами сферы их собственной деятельности. Поэтому в статьях, адресованных неспециалистам в рассматриваемой области, суть проблемы необходимо излагать ясно и просто, кратко вводя в тему, избегая узкопрофессиональных терминов и математически сложных выражений.

ИНФОРМАЦИЯ ИЗ ПЕРВЫХ РУК

“Природа” — это “прямая трансляция” научной мысли. Наши авторы — специалисты, работающие непосредственно в том научном направлении, одна из тем которого раскрывается в статье. Однако “Природа” не печатает статей без их предварительной апробации научным сообществом. Это защищает читателя от ложных сенсаций.

Все принятые к публикации статьи рецензируются и проходят редакционную подготовку. Окончательный вариант согласуется с автором (справки о прохождении рукописи можно получить по телефону (095) 238 24 56).

НАД ЧЕМ БЬЕТСЯ НАУЧНАЯ МЫСЛЬ?

Наш журнал предоставляет уникальную возможность чувствовать пульс науки, узнавать о каждом заметном шаге на пути познания природы. Кроме основных статей, в которых ученые знакомят читателя со своими достижениями, публикуются научно-популярные статьи обзорного типа (рубрика “Лекторий”), описания экспедиций и путешествий (“Вести из экспедиций”), статьи о редких и исчезающих видах растений и животных (“Красная книга”, “Очерки натуралиста”), историко-научные очерки (“Наследие”, “Возвращение” и др.). Они, как правило, значительны по объему и занимают главное место на страницах журнала.

“Природа” печатает также небольшие научные сообщения, в которых комментируются (а не просто пересказываются) свежие работы, в том числе сделанные без участия автора.

Почти в каждом номере присутствуют рубрики “Заметки и наблюдения”, “Редакционная почта”, “Резонанс” (отклики на публикации в “Природе” и других изданиях).

В раздел “Новости науки” мы подбираем краткие рефераты наиболее примечательных статей из научных журналов мира за последний год. Если пересказ оригинальной работы сопровождается комментарием, заметка печатается за подписью автора.

Рубрика “Рецензии” говорит сама за себя. Мы приветствуем такой отзыв на книгу, в котором присутствуют по меньшей мере два взгляда — автора книги и автора рецензии. Сейчас, когда издательская деятельность в России перешла на коммерческую основу и стали появляться книги, сомнительные в научном отношении, а то и просто с огромным количеством ошибок, мы призываем ученых говорить об этом с нашей трибуны.

Номер обычно завершает рубрика “Встречи с забытым”, которая воскрешает почти стершиеся облики деятелей науки и дела полузабытые. “В конце номера” мы иногда помещаем курьезные истории, шутки и афоризмы.

Текстовый материал

В редакцию представляется один экземпляр текста, отпечатанный через два интервала на машинке или принтере. Обычно рукопись содержит подстрочные примечания: необходимую библиографию (автор, название, место и год, том, страница) и разного рода уточнения и разъяснения. Необходимы подписи к иллюстрациям. Автор большой, проблемной статьи должен приложить к тексту свой фотопортрет (пригодного для печати качества), персоналию и краткую (в две-три строки) аннотацию статьи.

Желательна электронная копия текстового материала. Подготовка к печати ведется в редакции на IBM-совместимых компьютерах. Электронная версия может быть набрана в виде файлов *.txt, *.doc и передана в редакцию на дискетах 3.5 дюйма, CD или ZIP-носителях, которые после копирования возвращаются автору.

Иллюстрации

Поскольку иллюстрирование текста значительно улучшает качество статьи, оно всячески приветствуется.

Таблицы, схемы и простейшие диаграммы обычно не подлежат сканированию и набираются в редакции, поэтому их следует представлять в ясной, лаконичной форме.

Цветные и черно-белые фотографии, слайды, рисунки должны быть хорошего качества и не слишком маленькие, чтобы их увеличение не привело к потере четкости изображения.

Графики, диаграммы, рисунки, географические карты, сопровождаемые текстом, должны целиком уместаться на листе стандартного формата А4; надписи (особенно на географических картах) должны быть такими, чтобы при соответствующем уменьшении размер букв не оказался менее 2 мм; оригинал иллюстрации сопровождается копией, на которой от руки сделаны все необходимые поясняющие пометки.

Если автор располагает электронной версией иллюстраций, ее необходимо при передаче в редакцию дополнить качественной распечаткой или исходным оригиналом. Предпочтительно иметь электронную версию каждой иллюстрации в отдельном файле, не включая в файл текста. (Это же относится к математическим и химическим формулам.) Разрешение должно быть не ниже 300 dpi (учитывая возможность изменения масштаба). Подготовка иллюстраций лучше выполнять в форматах (*.EPS, JPG, JPE, PSD, TIF, BMP, AI). Не следует увлекаться большим разнообразием шрифтов; в редакции используется рубленый шрифт FuturisC, FuturisXC.

Рецензия принимается с книгой, возврат которой гарантирован.

Необъятное не объять

Редакция устанавливает предельные объемы материалов для той или иной рубрики. Большие статьи, включая публицистические, историко-научные, а также обзоры в рубрике "Лекторий", ограничиваются максимально 10 журнальными страницами. Сообщения и результаты наблюдений — четыремя. В разделе "Новости науки" каждый реферат должен занимать примерно полстраницы, в исключительных случаях — одну. Максимальный объем рецензий на книги — четыре с половиной страницы. Объем материала в конце каждого номера — не более пяти страниц.

Рекомендуем автору, планируя статью, следовать указанным объемам, учитывая число и размеры иллюстраций, которые он хотел бы поместить. Текстовая информативность одной журнальной страницы равна примерно 4.8 тыс. знаков (символов). Машинописная страница обычно содержит 2.03 тыс. знаков (29 строк по 70 знаков в строке, включая пробелы).

И главное —

судьба науки подчас напрямую зависит от усилий, направленных на ее популяризацию. Редакция заинтересована в хороших, качественных статьях, освещающих последние естественнонаучные достижения.

Напомним, что ссылаться в научных изданиях на публикацию в "Природе" всегда считалось хорошим тоном.

И еще. Уважаемые авторы, жалеете читателя: выражайтесь яснее и не забывайте, что краткость — сестра таланта. ■

Post scriptum

Если вы взялись за перо, чтобы написать статью, то:
 заменяя существительные местоимениями, позаботьтесь о правильном его согласовании;
 между нас говоря, падеж местоимения тоже важен;
 если вы хотите использовать глагол, то спрягать его нужно правильно;
 глагол, кроме того, всегда должны согласоваться в числе с существительными;
 плохо зная грамматику, сложные конструкции должны употребляться с осторожностью;
 которые являются придаточными предложениями, составлять надо правильно;
 кстати, являются только привидения и Господь Бог;
 если неполные конструкции — плохо;
 используйте параллельные конструкции не только для уточнения, но и прояснять;
 что касается незаконченных предложений;
 используя причастные обороты не забывайте о пунктуации;
 в письмах статьях рефератах ставьте запятые при перечислении;
 не используйте, запятые, там, где они не нужны;
 вводные слова однако надо выделять запятыми;
 не делите не делимое и не соединяйте разно родное, а кое что пишете через дефис;
 ставьте, где надо, твердый знак или хотя бы апостроф — обем статьи все равно так не сэкономите;
 не сокращ.!
 проверьте в тексте пропущенных слов;
 не забывайте о повторениях, которые иногда встречаются в статьях, которые печатаются в журналах, которые издаются у нас и за рубежом, которые иногда затуманивают мысль, которую хотел высказать автор, о которых и сделано это замечание;
 по нашему глубокому убеждению, мы полагаем, что автор, когда он пишет статью, определенно не должен приобретать дурную привычку, заключающуюся в том, чтобы использовать чересчур много ненужных слов, которые в действительности не являются необходимыми для того, чтобы выразить свою мысль;
 мы хотим отметить, что менять лицо, от имени которого ведется изложение, автор этих строк не рекомендует;
 вотще надеяться, что архаизмы в грамоте будут споспешествовать пониманию оной;
 штампам не должно быть места на страницах нашей печати;
 если вы осуществляете написание статьи или диссертации посредством суконноязычного стиля, то происходит разозление до белого каления руководителя и редактора;
 пролонгированного негативного эффекта от перцепции вашей работы можно избежать, используя вместо иноязычных транслитераций обычные русские слова;
 нужно усечь насчет статьи: хочешь не слабо выступить — завязывай с жаргоном;
 провирайте по славарю написание слов. ■

ПРИРОДА

Над номером работали
 Ответственный секретарь

Ю.К.ДЖИКАЕВ

Научные редакторы

О.О.АСТАХОВА

Л.П.БЕЛЯНОВА

Е.Е.БУШУЕВА

М.Ю.ЗУБРЕВА

Г.В.КОРОТКЕВИЧ

О.Ф.ЛАЗАРЕВА

К.Л.СОРОКИНА

Н.В.УЛЬЯНОВА

Н.В.УСПЕНСКАЯ

О.И.ШУТОВА

Литературный редактор

М.Я.ФИЛЬШТЕЙН

Художественный редактор

Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией

И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор

Г.С.ДОРОХОВА

Перевод

П.А.ХОМЯКОВ

Набор

Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры

В.А.ЕРМОЛАЕВА

Л.М.ФЕДОРОВА

Графика

О.Г.ЧЕКИНА

Верстка

Д.А.БРАГИН

Адрес редакции:

117810, Москва, ГСП-1

Мароновский пер., 26

Тел.: 238-24-56, 238-25-77

Факс: (095) 238-26-33

Подписано в печать 20.03.2000

Формат 60×88 1/8

Бумага типографская №1

Офсетная печать

Усл. печ. л. 10,32

Усл. кр.-отт. 67,8 тыс.

Уч.-изд. л. 15,1

Заказ 3452

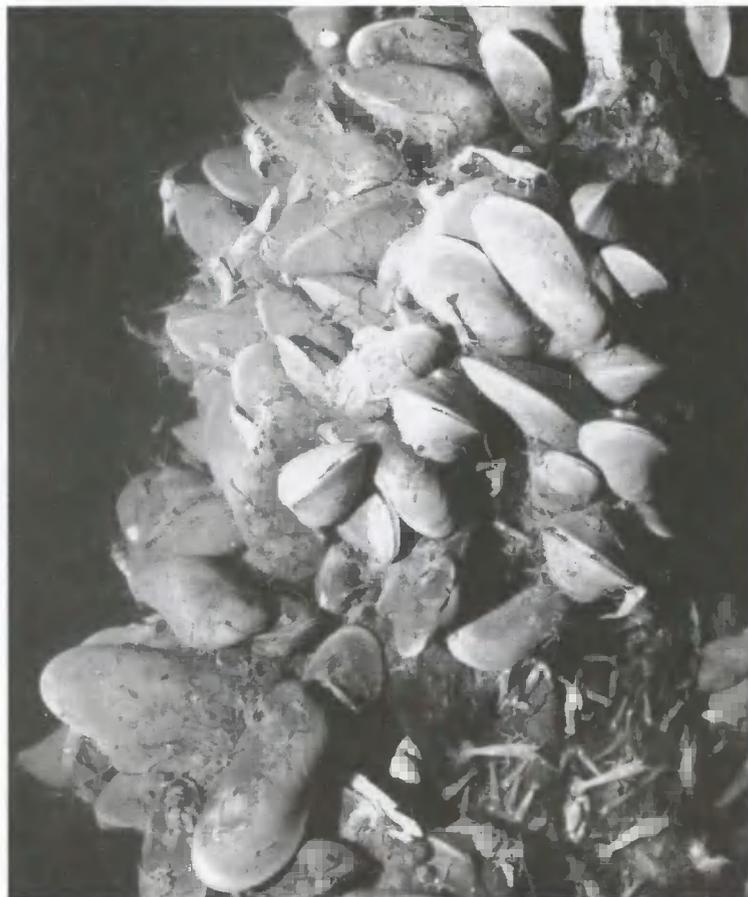
Набрано и сверстано в редакции

Отпечатано в ППП

типографии «Наука»

Академиздатцентра «Наука» РАН,

121099, Москва, Шубинский пер., 6



В Мировом океане обнаружено чуть менее 100 активных гидротермальных полей с уникальными биологическими сообществами, которые зависят целиком от геотермальной, а не солнечной энергии. Такие организмы способны синтезировать органическое вещество, используя углекислоту (или метан) в качестве единственного источника углерода, а восстановленные минеральные соединения – в качестве источника энергии. Имеющиеся данные позволили практически одновременно российским и западным ученым открыть третий, после фото- и хемосинтеза, метанотрофный синтез органического вещества за счет использования углерода метана.

**Лейн А.Ю., Москалев Л.И., Богданов Ю.А., Сагалевич А.М.
ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОКЕАНА И ЖИЗНЬ**

