

ПРИРОДА

6 09



В НОМЕРЕ:**3 Заварзин Г.А.****Омброфилы — обитатели равнин**

На одной из величайших равнин мира, расположенной на территории Северной Евразии, буквально у нас под ногами лежит целый микробный мир. Его обитатели, омброфилы, питающиеся дождевой водой, — активные участники наземного гидрологического цикла.

15 Чичагов В.П.**Африканские ландшафты Испании**

Последствия интенсивного скотоводства XIII—XVII вв. оставили заметный след в природе испанских равнин. Сказалась и близость Сахары. Однако черты опустынивания здесь стираются и будут стираться и в будущем.

26 Зотов А.В., Саранин А.А., Грузнев Д.В., Цуканов Д.А.**Как вырастить нанопроволоку?**

Эффективнее всего формировать наноструктуры с помощью механизмов самоорганизации, когда атомы сами «собираются» в нужные конфигурации. Однако цепочки из атомов металла далеко не всегда обладают металлическими свойствами!

35 Клювиткин А.А., Буренков В.И., Шеберстов С.В.**Спутниковые методы в исследовании Атлантического океана**

В последние годы кроме измерений температуры поверхности океана все более широко используют спутниковые исследования цвета океана, на основании которых можно судить о пространственном распределении водной взвеси.

40 Ключев Н.Н.**Социальное развитие России на карте мира**

Если у нашей страны по уровню образования вполне «европейский облик», а по материальному благосостоянию она занимает место «середняка», то по криминалу и продолжительности жизни близка к некоторым латиноамериканским и африканским странам.

Глобальные проблемы**48 Рязанцев С.В.****О притоке умов и утечке мозгов****Заметки и наблюдения****55 Худяков Ю.С.****Таш-Рабат — караван-сарай или замок?****Биография современника****58 Стрелков П.П., Кузнецова В.Г.****Энтомолог И.М.Кержнер****69****Новости науки**

«Herschel» расширит границы познания Вселенной (69). Наблюдения атмосферы Плутона на VLT (70). Скачущие наночастицы (71). Измерение механических характеристик графенового слоя (71). Бакланы на Байкале. Уфимцев Г.Ф., Русинек О.Т. (71). Современная экосистема морского льда в Арктике (72). Окультуривание риса в Китае (73). Комплексы костей животных в погребениях сарматов (74).

Рецензии**75 Горшков С.П.****Биография ученого как пример жития**

(на кн.: R.E.Hinshaw. Living with Nature's Extremes. The Life of Gilbert Fowler White)

78**Новые книги****В конце номера****79 Журавлев А.Ю.****Старая сказка об атлантах**

CONTENTS:

3 Zavarzin G.A. **Ombrophils – Inhabitants of the Plains**

On one of the Earth greatest plains, situated at the territory of Northern Eurasia, literally underfoot, there is a whole world of microbes. Its inhabitants, ombrophils, feeding on rainfall water, are active participants of hydrologic cycle.

15 Chichagov V.P. **African Landscapes of Spain**

Consequences of intensive cattle-breeding of 13–17 centuries left a visible impact on look of Spanish plains. Proximity of Sahara left its imprint, too. But patterns of desertification here are obliterated now and will be obliterated in future.

26 Zotov A.V., Saranin A.A., Gruznev D.V., Tsukanov D.A. **How to Grow a Nanowire?**

The most effective way to form nanostructures is using self-organization, when atoms spontaneously assemble themselves into desired configurations. But chains of metal atoms not always possess metallic properties!

35 Kluvitkin A.A., Burenkov V.I., Sheberstov S.V. **Satellite Methods in Study of Atlantic Ocean**

In recent years aside from measurements of ocean surface temperature more and more often the satellite measurements of ocean color are used, allowing assessment of spatial distribution of suspended particles.

40 Kluev N.N. **Social Development of Russia on World Map**

While our country has quite a «European look» in level of education and is mediocre in material well-being, in such indexes as crime rate and life interval it is close to some Latin-American and African countries.

Global Problems

48 Ryazantzev S.V. **On Inflow of Wits and Brain Drain**

Notes and Observations

55 Khudyakov Yu.S. **Tash-Rabat – A Caravanserai or a Castle?**

Biography of our Contemporary

58 Strelkov P.P., Kuznetzova V.G. **Entomologist I.M.Kerzhner**

69 Science News

«Herschel» Will Expand Frontiers of Universe Exploration (69). Pluto Atmosphere Observations with VLT (70). Jumping Nano-particles (71). Measurement of Mechanical Properties of Graphene Sheet (71). Cormorants at Baikal. **Ufimtsev G.F., Rusinek O.T.** (71). Present-day Ecosystem of Arctic Sea Ice (72). Domestication of Rice in China (73). Animal Bones Complexes in Sarmatian Burial-Mounds (74).

Book Review

75 Gorshkov S.P. **Biography of a Scientist as an Example of Hagiography** (on book: R.E. Hinshaw. Living with Nature's Extremes. The Life of Gilbert Fowler White)

78 New Books

In the End of Issue

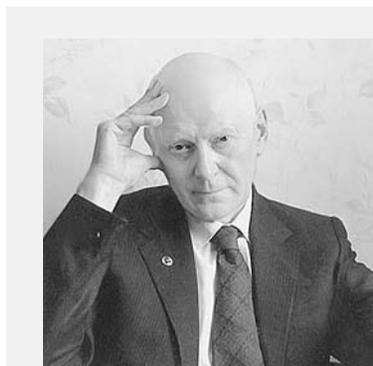
79 Zhuravlev A.Yu. **Old Tale about Atlantes**

Омброфилы — обитатели равнин

Г.А.Заварзин

Равнины как типичный элемент рельефа распространены на всех континентах (Евразии, Северной и Южной Америке) и занимают более 60% всей суши. Одна из величайших равнин мира — территория Северной Евразии. Она протянулась в пределах одной климатической зоны от Атлантики вплоть до Енисея, где осадки превышают испарение. Русская равнина расположена на пассивном крае континента, перекрытом мощным слоем осадочных отложений с крайне малым уклоном к северу (0—2%). Такой уклон, переходящий в слабо волнистый послеледниковый ландшафт (рис.1), определяет застойные условия: медленно текущие реки, насыщенные влагой грунты, заболачивание.

Питается равнина дождевой влагой и служит местом обитания омброфитов. При достаточном водоснабжении растительные сообщества не нуждаются в корнях и затратах на транспортную систему, поэтому здесь растут мхи, при большой влажности — сфагновые. Однако сосудистые растения выигрывают конкуренцию за свет, поднимаясь над моховой луговиной. Их развитие связано с включением эвапотранспирации в дополнение к свободному испарению с водной поверхности, в первом приближении соответствующей испарению с болот. Обильное увлажнение и медленный речной сток обеспечивают подзем-



Георгий Александрович Заварзин, академик РАН, заведующий отделом микробных сообществ Института микробиологии РАН. Основные научные интересы связаны с изучением функционального многообразия микробных сообществ. Член редколлегии журнала «Природа» с 1982 г. Наш постоянный автор.

ный сток, который указывает на промывной режим региона дождевыми водами (рис.2). Водный режим равнин отличается от предгорных областей, где развиваются алкалофилы*.

Из микробных сообществ имеют наибольшее значение увлажненных земель и ультрапресных застойных вод с крайне низкой минерализацией. Они живут за счет дождевого питания, и потому их удобно называть омброфилами (от греч. *ομβρος* — дождь и *φιλία* — привязанность) [1]. Такой термин позволяет отличить омброфилов от олиготрофов, характеризующихся ограниченным углеродным питанием. Оговорка о застойном характере вод отделяет омброфилов от

организмов, живущих в текущих из-под ледников потоках, — кренофилов. При быстром течении постоянный привнос веществ извне создает условия для кренофильных микроорганизмов, обычно населяющих ручьи и ключевые родники. Омброфилов, создающих автономные сообщества, никоим образом нельзя относить к экстремофилам. Напротив, они — жители самого типичного субэарального местообитания на суше. Низкая минерализация обуславливает необходимость эффективных транспортных систем для усвоения веществ в минимальной концентрации, но эта концентрация поддерживается за счет резервуара минералов, обычно выветрелых, в глинистых породах.

Состав пресных вод равнины формируется на площади водосбора, и воды с поверхностным

* Заварзин Г.А., Жилина Т.Н. Содовые озера — природная модель древней биосферы континентов // Природа. 2000. №2. С.45—55.

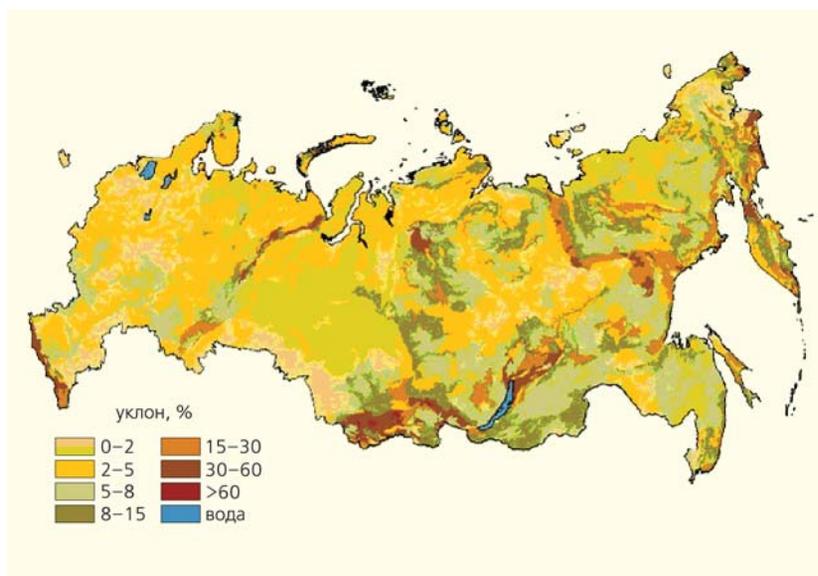


Рис.1. Показан угол уклона Русской равнины (0—2%), переходящий в слабоволнистый ландшафт с уклоном менее 5%, что обуславливает застойный характер вод. (По: Stolbovoi V., McCallum I., 2002. IIASA—RAS. CD-ROM «Land resources of Russia», Laxeuburg)

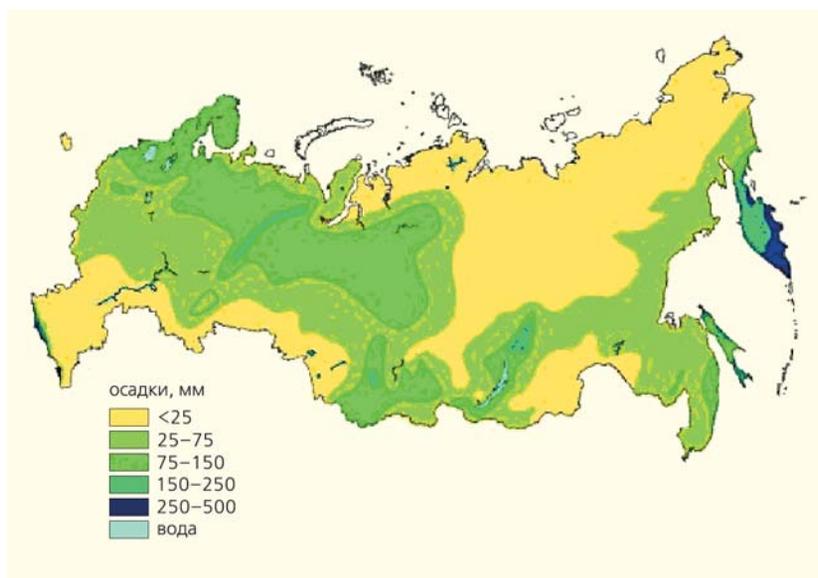


Рис.2. Карта, на которой выделены области формирования подземного стока, которые соответствуют созданию промывного режима, и области преимущественного развития омброфильных микробных сообществ на водосборах.

стоком поступают в водоемы, где происходит их трансформация. Беглый взгляд на гидрологические факторы позволяет оценить значение и масштабы формирования равнинных вод и понять роль их биоты на водосборе. На-

чальный этап трансформации атмосферных осадков, продолжающийся в почве, определяет микробиота. Этот тип вод — основной источник воды для водопользования на Европейской территории России.

Биоценозы Русской равнины

На равнинах различают три категории ландшафтов: лес, болото, альго- или цианобактериальная луговина лужи. На Русской равнине лес обычно хвойный, часто заболоченный. Верховые сфагновые болота аккумулируют дождевую воду, а низовые болота речных долин трансформируют сток и входят в систему водотоков и озер как конечных водоемов. Цианобактериальные и альгобактериальные биотопы в настоящее время имеют подчиненное значение (рис.3). Однако всего 300 млн лет назад, до появления сосудистых растений, такие биотопы, видимо, преобладали на увлажненных равнинах. Именно поэтому их локальные проявления интересны для современной интерпретации наземных условий докембрия. Суходолы до силура, вероятно, были покрыты лишайниками, которые сейчас занимают около 8% земной поверхности, особенно места, непригодные для высшей растительности (обнажения горных пород, тундру).

В биоценозах, расположенных на выветренных породах и бедных растворимыми минеральными веществами, из дождевых осадков формируются ультрапресные воды с низким содержанием минеральных веществ — 10—100 мг/л. Застойный характер вод усиливает дефицит минеральных веществ при возможном избытке органических. Поэтому живущие здесь организмы относятся к органотрофам, а микробиота, участвующая в разложении остатков органического вещества, — к олиготрофам. Недостаток минеральных веществ ограничивает присутствие литотрофов. Исключение составляют железобактерии в слабокислых водах. Трансформация дождевых вод в этих биоценозах, происходящая под воздействием микробиоты, приводит к образованию так называемых дис-

трофных вод. Они относятся к категории ультрапресных и отличаются высокой концентрацией органических веществ и минимальным содержанием минеральных.

В каждом биоценозе формируется свой тип вод. В лесу благодаря грибам, преимущественно базидиомицетам, разлагающим твердые органические остатки (мортмассу), образуется гумус. Он поступает в водотоки с гуминовыми кислотами, источником которых служит лигнин — важный компонент древесины. В лесу при достаточной аэрации грибы, разлагающие древесину, создают полную трофическую систему микосферы. Продукты их обмена, например оксалат, а также их мортмасса используются другими грибами. Только часть продуктов обмена попадает в воду, где условия для грибов не столь благоприятны. Их сменяют планктонные бактерии, а также организмы, использующие продукты обмена грибов.

В сфагновых болотах древесной растительности и лигнина относительно мало, кислая бурая торфянистая вода насыщена растворимыми фульвокислотами. Эти конечные продукты разложения сфагнов при коагуляции оседают в водоемах стока. В сфагновом болоте неполное разложение растительных остатков ведет к образованию торфа — свидетельству не полноты трофической системы деструкторов. Разложение происходит преимущественно в верхнем слое мха (очесе) под живым фотосинтезирующим слоем с доминирующей группой актинобактерий. В торфяных дистрофных водах развивается своеобразное сообщество, в которое входит много плохо культивируемых и неизвестных микроорганизмов; в кислой среде при pH < 5 больше всего ацидофилов.

В цианобактериальных сообществах гуминовых соединений нет, и вода остается прозрачной при большом содержа-

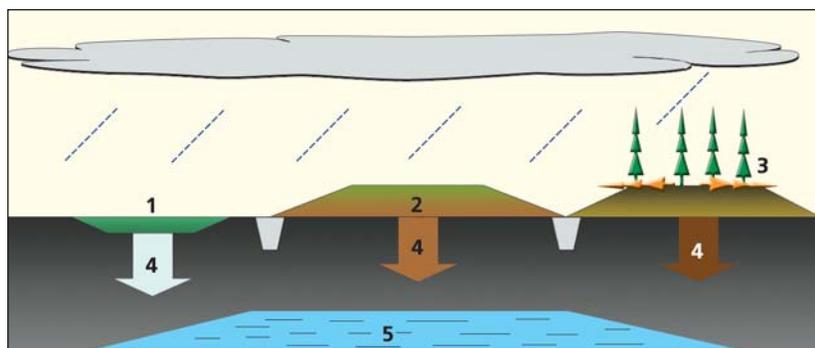


Рис.3. Схема основных биоценозов равнины гумидного климата на примере бореальной зоны и связь их с гидрогеологическими условиями. Слева направо: цианобактериальная луговина (1), выпуклое сфагновое болото (2), заболоченный лес (3). Стрелками (4) указано просачивание поверхностных вод в грунтовые (5).

нии бактериальных слизей. Но если в экосистеме много зеленых водорослей с целлюлозными оболочками, возможно образование водного гумуса, особенно в органическом иле (сапропеле) озер, где живут пелофилы. Цианобактериальное сообщество ультрапресных вод особенно характерно для лужи, эфемерного водоема, появляющегося из атмосферных осадков. Лужи завершают атмосферный гидрологический цикл и начинают наземный. Они благоприятны для прокариот с их коротким жизненным циклом, но прежде всего для цианобактерий.

Лужи

Время жизни дождевой лужи определяется погодой и составляет недели. Во влажном климате она — характерный элемент ландшафта на водосборах. Дождевые лужи мозаичны, но их сезонные скопления насыщают верхние горизонты водой. Когда в результате испарения и просачивания вода из лужи уходит, под ней формируются водонасыщенные слои. Лужа составляет переход к естественным прудам как более стабильным водоемам, а пруд — к озеру с большим временем пребывания воды в нем.

В зоне влажного умеренного климата лужи образуются, как правило, на глинистой поверхности, но возможно, и на ином водоупоре. Дождевая вода ультрапресная, состав ее зависит от осадков, имеет электропроводность около 30 мкСм (в зависимости от грунта может быть другой). Поскольку лужа периодически возникает в местах понижений рельефа, в ней помимо дождевой воды присутствует поверхностный смыв со взвесью глины. Глинистые частицы образуют дно лужи и создают необходимый для нее водоупор.

Во влажном климате и промывном режиме в лужах развивается водорослевое сообщество, органическое вещество которого переходит в глинистые донные осадки. Осцилляториевые цианобактерии образуют донную биопленку, основу которой составляют полисахаридные плотные слизи (гели). Они скрепляют минеральные частицы на дне лужи и препятствуют взмучиванию. Со временем возникает кожистый цианобактериальный мат, находящийся в самом тесном контакте с минеральными частицами на дне.

Биоценоз лужи был обычным объектом наблюдения натуралистов. Гидробиологи характеризуют лужи как временные водоемы. Продуцентами в них чаще всего выступают цианобак-

тери. Смыв воды с почвы обеспечивает заселение лужи разнообразными беспозвоночными, которые переживают высыхание в виде цист и быстро пробуждаются при затоплении (например, раковинные амебы, известные из раннего протерозоя). Окаменевшие цианобактериальные маты, строматолиты, представляют продукт литификации в пересыщенных растворах — прямой противоположности пресным водам. Могут ли в пресных водоемах развиваться аналоги предшественников строматолитов? Или же биопленки пресных луж — предшественники слоистых глинистых сланцев, наследующих текстуру биопленок? Что делают микроорганизмы с глинами?

Для моделирования эфемерного водоема, лужи, мы засевали кюветы, используя илстую суспензию из суглинка, которая оставалась взвешенной более не-

дели. Основной компонент взвеси — монтмориллонит, сера отсутствовала, а железа было относительно немного (данные Т.В.Алексеевой). В кювете с глинистой взвесью сначала развивалась бактериальная пленка. На ее поверхности поселились разные (в разных опытах) бактерии, но все они располагались монослоем и формировали слизистые капсулы. Затем по пленке начинали распространяться нитевидные трихомы цианобактерий (рис.4). Такие же пленки возникали на агаризованной глине. Затем под поверхностным слоем глины, на глубине долей миллиметра, появился слой нитчатых трихомных цианобактерий, который постепенно уплотнялся. Под ним образовывались пузыри газа, отделявшие пленку от нижележащих легко взмучиваемых слоев. Внешне глинистая цианобактериальная пленка бы-

ла такой же, как классические маты — предшественники строматолитов, но о литификации в ультрапресной воде, конечно, не могло быть речи.

Длительное развитие цианобактериального мата в ультрапресных водах моделировали в замкнутых сосудах с дистиллированной водой с исходной электропроводностью 10 мкСм, поднимавшейся затем до 30 мкСм, и с источником минерального питания в виде суглинка. Эксперимент продолжался шесть лет. За это время дистиллированную воду заполнила кожистая слоистая масса цианобактериальных пленок (рис.5). Ее основу составляет жесткая полисахаридная матрица, внутри которой находятся тонкие армирующие нити трихомных цианобактерий *Phormidium* и между ними бактерии. На ней располагаются крупные трихомы бентосной *Anabaena* с редкими гетероцистами и цилиндрическими короткими нитями (гормогониями). Третьим компонентом первичных продуцентов выступают хлорококковые зеленые водоросли. Именно они прорастают в виде отдельных колоний на агаризованных средах, создавая ложное представление о доминантах. В нашем случае создателем пленки был *Phormidium angustissimum*.

Слизистая матрица заполнена клетками разнообразных бактерий, находящихся в иммобилизованном состоянии. Деструкторы цианобактериального мата — органотрофные бактерии — используют продукты цианобактерий, но не структурную слизь, которая остается средой обитания сообщества.

Возникает морфологически оформленное сообщество из разных организмов, напоминающее ткань. Аналогия мата с тканью усиливается также его необратимой дифференциацией. «Проруби» в пленке, образовавшиеся при отборе проб, не восстанавливались в течение месяцев (рис.6). Причина в том, что обильное образование гор-

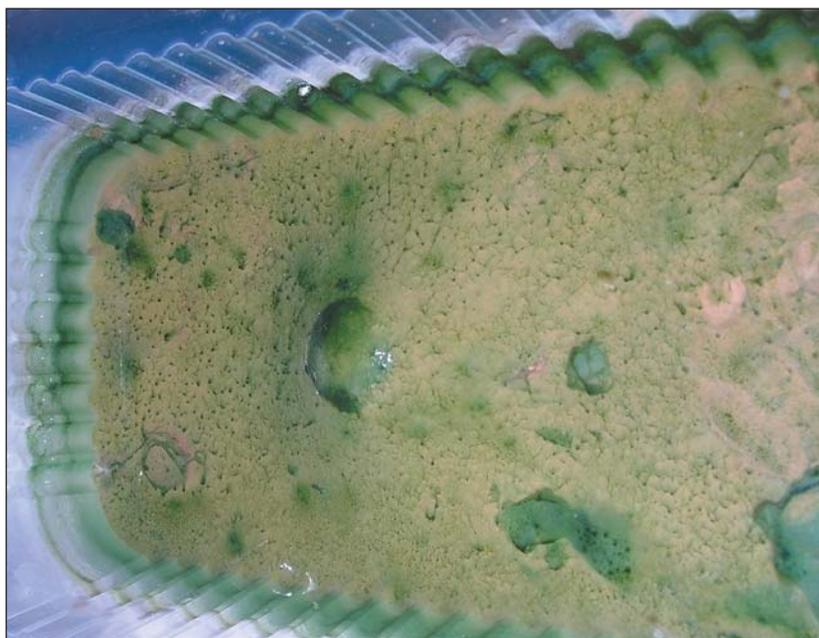


Рис.4. Цианобактериальная пленка над суспензией глины. Ее поверхность сложена сетью тяжелой сплетенных трихомов с узлами в местах пересечений. Биопленка находится внутри поверхностного слоя глины. В центре кюветы возвышается над поверхностью воды зеленый купол с пузырьком газа под ним. Плавающая исходная пленка не перешла в сплошной покров, а остановилась в развитии. Стенки кюветы обросли цианобактериями по урезу воды. Внизу видна поврежденная часть биопленки в начале ее формирования, она осталась не покрытой пленкой.

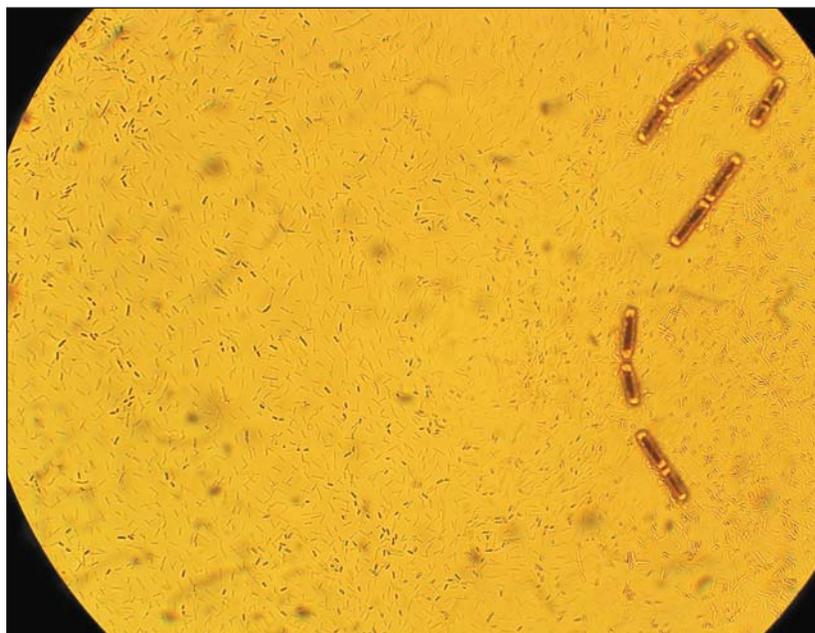
Здесь и далее фото автора



Рис.5. Цианобактериальное сообщество в ультрапресной воде над суглинком. Общий вид. Цианобактериальные пленки *Phormidium angustissimum* и бентосной *Anabaena*, развившиеся за 6 лет в микрокосме.

гогониев формициума из трех-четырёх клеток происходило только на начальной стадии колонизации поверхности глинистой суспензии формициумом. Гормогонии, всегда свободные от минеральных частиц, распространялись по поверхности бактериальной пленки. Нитевидные трихомы в чехлах осва-

Рис.6. Стадия колонизации поверхности. Гормогонии формициума распространяются по нейстонной бактериальной пленке, представляющей монослой. Часть гормогониев одноклеточная, другие начали удлиняться. Чехлы еще не формируются. Окраска раствором Люголя. Такие опыты доступны в школьной лаборатории.



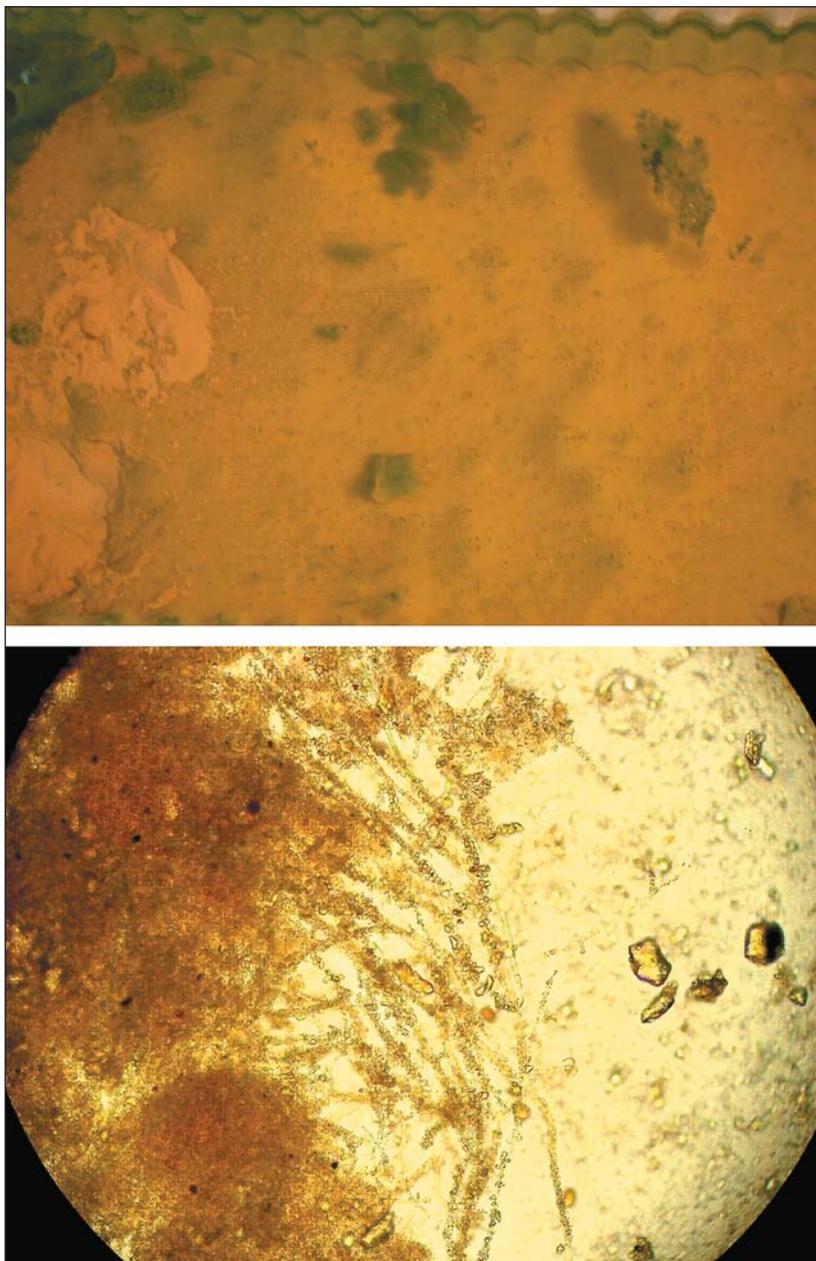


Рис.7. Начало развития биопленки из хлопка *Phormidium* с бактериальными спутниками во взвеси медленно оседающих частиц глины. Справа видны минеральные частицы на фоне мелких глинистых частиц. Пустые чехлы формидиума облеплены минеральными частицами.

ивали поверхность только за счет своего удлинения. Развитие пленки представляет односторонний процесс из-за стадии колонизации, которая осуществляется гормогониями, но не трихомами. Поэтому следует четко разделить стадию колонизации гормогониями и стадию формирования биопленки три-

хомами как сплетенной из нитей ткани.

Интересна селективная способность мата по отношению к минералам. По данным Т.В.Алексеевой, исходная илистая фракция суглинка содержала кварц, два типа полевых шпатов и монтмориллонит. Однако мат вновь отбирал из суспензии ли-

тогенные компоненты, проявившиеся наряду с пиком монтмориллонита с небольшой примесью слюды. Кристаллические частицы прикреплялись к пустым чехлам цианобактерий (рис.7). Микропробы показали, что по элементному составу эти частицы соответствуют калиевому полевому шпату. В связи с избирательным закреплением кристаллических частиц на чехлах уместно напомнить работы Б. Йоргенсена. Он показал, что в песке слой около 1 мм оказывается оптимальным в связи с освещенностью, поскольку к вертикальной составляющей прибавляется свет, рассеянный частицами. Анализ высушенного мата в СЭМ, проведенный вместе с Г.Т.Ушатинской, обнаружил слизистую матрицу мата с многочисленными перфорациями и минеральными частицами (рис.8).

Итак, в модели лужи можно выделить пять стадий образования цианобактериальной пленки. На первом этапе формируется нейстонная пленка в виде монослоя бактерий со слизистыми капсулами. Такая же монослойная пленка возникает на поверхности агаризованной глины, где ее легко наблюдать в препаратах-отпечатках. По слизистой пленке распространяются гормогонии цианобактерий. Они расселяются по доступной поверхности, но никогда не сорбируют глинистые частицы.

Нитевидные трихомы постепенно удлиняются. Под покровом глинистых частиц формируется биопленка, и внешне поверхность глины не изменяется. Трихомы находят оптимальные условия для роста в глинистой суспензии на расстоянии десятка микрон от поверхности. Они располагаются под поверхностным слоем глинистых частиц. Образование гормогониев прекращается. Поверхностный слой глины, покрытый бактериальной слизью, перестает взмучиваться, и возникает прочное кожистое образование, укрепленное нитями трихомов. На пу-

стых чехлах цианобактерий (в нашем случае *Phormidium*) закрепляются минеральные частицы, и происходит отбор частиц литогенной фракции.

Нити цианобактерий растягиваются под поверхностью глины и скрепляют ее кожистой пленкой, создавая из глины и слизи сплошной покров субмиллиметровой толщины. Вместе с тем способность к распространению облепленных минеральными частицами трихомов ограничена, и прорывы в пленке не реставрируются. Интенсивно идущий в глине фотосинтез приводит к образованию газовых пузырей, приподнимающих пленку в виде бугорков. Глина под пленкой остается в виде взвеси.

На последней стадии пленка *Phormidium* отмирает, несколько дольше на поверхности остается сеть *Anabaena*, но затем и она отмирает. Таким образом, в отличие от устойчивого материала автономного сообщества, сообщество лужи эфемерно.

Сфагнета

Из других омброфильных микробных сообществ специальный интерес представляет сообщество сфагновых болот, которые служат своего рода водонапорными башнями равнин. На севере Сибири сфагновые болота — один из наиболее устойчивых ландшафтов, где возраст торфа достигает 18 тыс. лет. По оценке С.Э.Вомперского, общая площадь болот и заболоченных земель России примерно 370 млн га. Из них 77 млн га торфяных болот, что соответствует объему воды 740 км³ (для средней глубины 1.2 м и 80% воды в торфе) и резервуару $S_{орг} \sim 100$ млн т, в то время как в заболоченных землях $S_{орг}$ лишь 13 млн т. Сфагновые болота как климатический фактор в связи с парниковыми газами играют двоякую роль. С одной стороны, для России это важнейшее хранилище CO₂ в торфе

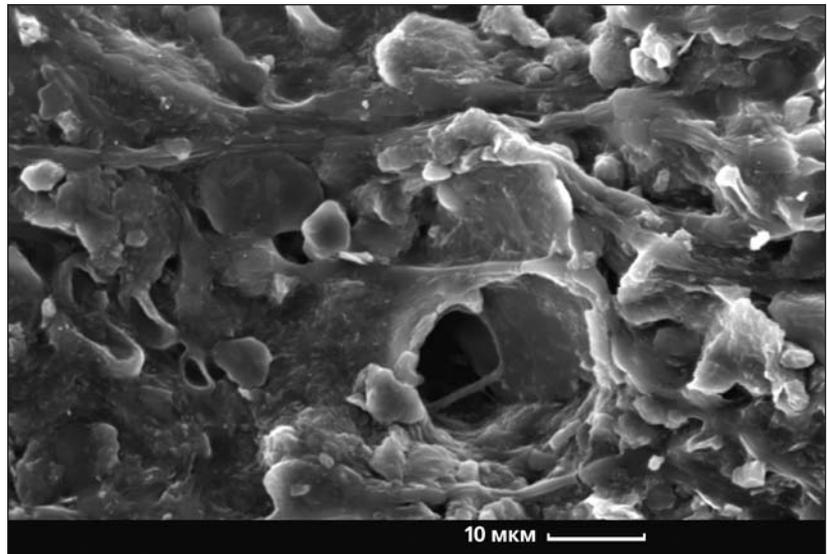


Рис.8. Минеральные частицы цианобактериального мата, скрепленные слизью цианобактерий с оставшимися трубчатыми полостями и составляющие прочную глинисто-органическую пленку.

Фото Г.Т.Ушатиной

(в нем в 3.3 раза больше $S_{орг}$, чем в древесной массе лесов России). С другой стороны, верховые болота служат мощным источником парникового газа метана, в цикле которого участвуют открытые лишь недавно ацидофильные микроорганизмы. Согласно Конвенции по климату, эти болота подлежат усиленной охране как предшественники парниковых газов. Верховые болота рассматриваются как «неудоби», малопригодные для сельскохозяйственного использования. В биосфере же они определяют гидрологический режим на обширных равнинах, с далеко идущими последствиями при его нарушении (мелиорация, добыча торфа, строительство). Гидрологическое значение болот побудило США, несмотря на протесты собственников, взять их под охрану корпуса гражданских инженеров. Нельзя недооценивать биосферную и региональную роль верховых болот. Экологическое легкомыслие по отношению к этому компоненту ландшафта не имеет оправданий*.

* Водно-болотные угодья Европейской России: Путеводитель / Сост. Е.Ю.Погожев. Wetland International, 2008.

Нас интересует микрофлора сфагновых болот как важнейшего фактора гидрологического режима. Условия обитания микробиоты в них полностью диктуют сами сфагновые мхи: они создают кислую обстановку (рН 5—3) и служат основными продуцентами в крайне бедном по биоразнообразию, но важном в экологическом отношении ландшафте бореальной зоны. Профиль сфагновых болот во многом напоминает профиль цианобактериального мата — та же архитектура, но в другом масштабе. Если цианобактериальный мат имеет фотосинтезирующий слой в 1—2 мм, то в сфагновой луговине он около 5 см. Слой деструкции в цианобактериальном мате достигает ≥ 10 мм, а в сфагнете — десятки сантиметров, начинаясь с так называемого «очеса» — белесого мха, где опадают и разрушаются листочки сфагнов. Под давлением вышележащих слоев стебельки сфагна сворачиваются и уплотняются. Ниже образуются гумусированные слои, переходящие в спрессованный торф, обычно на глубине 30—40 см. При опускании зеркала воды ниже 20 см поступление воды к фо-

тосинтезирующим головкам сфагна ограничивается. Поверхность сфагнувой луговины включает кочки и депрессии — мочажины. Верхний деятельный слой сфагнувого болота получил название акротельма, а нижний торфяной — катательма.

В сообществе сфагнувых мхов, обозначаемых геоботаниками как сфагнета, первичная продукция доминирует над деструкцией, вследствие чего накапливается органическое вещество. Оценить продукцию сфагнувых мхов можно, если принять ежегодный прирост зеленой части в 2—2.5 см, а площадь головки сфагна в 1 см². Ее прирост соответствует примерно 10 мг С_{орг}, а прирост слоя торфа составляет менее 1 мм/год — это оценочные величины. Вода между стебельками сфагнув неподвижна, и болотные воды застойны. Поскольку теплопроводность сфагнувых мхов мала, под их покровом сохраняется низкая температура (редко поднимающаяся выше 15°C). Холодный воздух над болотом обуславливает конвективное осаждение пылевых частиц и вместе с ними почвенных бактерий, которые не являются подлинными обитателями сфагнувого болота.

Таким образом, микроорганизмы акротельма живут в кислых, холодных, ультрапресных условиях, при обилии малодоступного органического вещества. Отсюда их можно охарактеризовать как ацидофильных, психрофильных, омброфильных, олиготрофных. Численность микроорганизмов в сфагнете составляет 10⁸—10⁹ клеток/г. Культивировать их на обычных средах очень трудно, и нет уверенности в том, что вырастающие колонии действительно принадлежат сообществу болота, а не происходят из оседающей на болота пыли [2].

Итак, верховые болота — это автономные ландшафты, где доминирует автотрофная продукция. Во-первых, они служат наглядным примером развития экосистемы с преобладанием

фототрофов. Во-вторых, верховые болота ставят под сомнение значение эволюционного усложнения строения растения для процветания вида. По ряду структурных и функциональных параметров фотосинтетического аппарата примитивные сфагнувые мхи значительно уступают сосудистым растениям. Тем не менее они связывают такое же количество CO₂, как и высшие растения: в пересчете на 1 кг хлорофилла покрытия — около 150 кг углерода за вегетационный сезон [3]. В-третьих, сфагнувые болота наглядно опровергают представление о значении разнообразия для устойчивости экосистемы. В них обычно доминирует один вид, хотя на территории России известно около 40 видов сфагнув. Сфагнувые мхи относятся к социальным растениям: растеньице сфагна процветает лишь в составе луговины из себе подобных, где внутривидовая конкуренция сочетается с взаимоподдержкой. Сфагнувые болота очень агрессивны и из заболоченной депрессии легко распространяются на суходолы. В-четвертых, они служат примером длительного, тысячелетнего, пребывания экосистемы в климактерическом состоянии за счет того, что физической основой для роста живых растений служат отмершие. В результате сукцессия надолго выключается — развитие сообщества создает условия для своего продолжения. Циклические процессы в сфагнувой луговине минимальны, и обычные представления о значении циклов вещества для устойчивости биотической системы не годятся. Поддерживает эту омбротрофную экосистему приток веществ из воздуха, приносящий минимальное количество минерального питания в виде оседающей пыли и воды.

Минимальная деструкция в болотной экосистеме сводит роль микробиоты главным образом к гумификации растительных остатков, ограничивающей их дальнейшее разложение. Гумификации предшествует

аэробная деструкция в верхнем слое болота, которую сменяет метановый цикл болотного газа с анаэробными метаногенами в затопленном торфяном слое. Иногда образующийся болотный газ приводит к всплыванию верхнего слоя сфагнувой луговины и к окислению метана в аэрируемом слое.

Поток метана благоприятствует развитию специфических бактерий, метанотрофов, которые за последнее десятилетие были хорошо изучены отечественными учеными [4—6]. Обитатели сфагнета находятся под воздействием ряда стрессовых факторов. Здесь действует специфический селективный фактор, обусловленный антибиотическим свойством сфагна. Но решающее значение имеют физические и химические свойства биотопа. Во-первых, торфяная вода кислая (рН 3—5). Отсюда требование ацидофилии для обитателей сфагнета. Во-вторых, из-за своих теплоизолирующих свойств сфагнувая луговина (за исключением самого верхнего слоя) остается холодной, что способствует процветанию психрофилов и их развитию в глубине в зимний период. В-третьих, застойный характер воды предполагает полное использование доступных органических веществ, что создает благоприятные условия для олиготрофных организмов, исключая остальных.

Особо следует отметить низкие буферные свойства ультрапресных вод. В болоте действует катионообменный твердый буфер поверхности сфагнув, обеспечивающий пониженный рН среды. Обычный для большинства природных сред карбонат-бикарбонатный буфер играет подчиненную роль по отношению к органическому. Сфагны — кальциефобы, и растворение карбонатов кальция, поддерживающее нейтральную реакцию в большинстве местообитаний, в сфагнете не действует. Другим признаком обитателей ультрапресных вод служат их осмоти-

ческие характеристики: они не выдерживают даже небольшого повышения концентрации солей, как это могут делать организмы почвы, находящиеся в условиях то высыхания, то разбавления почвенного раствора.

Если омброфилов луж можно считать представителями нормальной микробиоты суши, то омбротрофы сфагновых болот — явные экстремофилы. Трудно назвать более наглядную демонстрацию экстремальных условий, чем накопление неразложившегося деструкторами органического вещества — торфа. В дополнение к обычным факторам, ограничивающим разложение отмершей биомассы, в сфагновых болотах действует специфическое подавление обычных микроорганизмов продуцируемыми сфагнами веществами, такими как сфагнолы — высокомолекулярные гликозиды с фенольной основой. Антисептическое действие сфагнов на обычные микроорганизмы хорошо известно и используется народной «подножной» медициной. Отсюда следует, что микробное сообщество сфагнеты с его крайне низким биоразнообразием должно отличаться от сообществ почвенных микроорганизмов. Выделение представителей климактерического микробного сообщества, в отличие от быстро растущих колонизаторов, требует прежде всего значительного времени инкубации. Образование очень мелких колоний на агаризованных средах затягивается на многие недели.

Для изучения микробного сообщества сфагнеты используют прямые методы. В сфагновом болоте должна развиваться специфическая группа *сфагнофилов* с ограниченной способностью к деструкции. Численность бактерий в торфе по прямому подсчету с флуоресцентными красителями составляет 10^8 — 10^9 клеток в 1 см^3 . Отсюда общая численность группировки болотных бактерий в 10 см слое ~370 млн га болот на территории России может быть оценена

в $>10^{24}$ клеток. Это высокая величина, но неясно, относится ли она к деятельным или же недейтельным организмам, находящимся в анабиотическом состоянии. Следует заметить, что в отличие от почвы общая численность бактерий мало меняется с глубиной, указывая на медленность деструкции их клеток и отсутствие выедания.

Разнообразие сфагнофилов можно оценить молекулярными методами, не требующими культивирования. Здесь имеются два подхода: анализ библиотек клонов 16S рДНК, амплифицированных из общей ДНК микробного сообщества, и прямой микроскопический анализ образца путем гибридизации *in situ* с рРНК-специфическими флуоресцентно-мечеными олигонуклеотидными зондами (метод FISH).

Первый метод наиболее эффективен для выявления в природном образце общего разнообразия микроорганизмов, включая и неизвестные группы. Он не указывает, находятся ли эти организмы в деятельном, растущем состоянии, лишь бы их численность и возможность экстракции ДНК из них были достаточны. Такой анализ С.Н.Дедыш провела для Бакчарского болота на юге крупнейшего в мире болотного массива Васюганья (Западная Сибирь). Из сотни исследованных клонов 29% принадлежали *Acidobacteria*, 25% *Alphaproteobacteria*, 15% *Verrucomicrobia*, 8% *Actinobacteria*, 6% *Chloroflexi*, 3% *Planctomyces*. Из них изучены в культурах только грамтрицательные протеобактерии *Alphaproteobacteria* и грамположительные актинобактерии *Actinobacteria*, для остальных известны немногие изоляты. Лишь 14% клонов были близки известным бактериям [7].

Второй метод, FISH, обнаруживает клетки, находящиеся в активном состоянии, т.е. когда синтезируется белок и содержание РНК достаточно высоко. Универсальные зонды обнаружили от 45 до 83% от общего числа клеток, что близко к ана-

лизу других природных образцов. Но попытки более детально определить филогенетические группы позволили идентифицировать лишь 14—27% зубактерий. Большую их часть известными зондами установить не удалось, что свидетельствует об их принадлежности к неизвестным пока микроорганизмам. При сравнении разнообразия микроорганизмов в биотопах Дарвиновского заповедника на севере Рыбинского водохранилища доля неидентифицируемых микроорганизмов в эвтрофном озере составила 15%, в кислом олиготрофном озере — 31%, в торфяной влаге сфагнового болота — 47% [8]. Итак, вывод ясен: сфагнофилы — своеобразная группа экстремофильных микроорганизмов.

Основной маршрут деструкции органического вещества в сфагнете связан с разложением целлюлозы. В почве этот процесс осуществляют прежде всего грамположительные бактерии *Firmicutes* и цитофаги *Bacteroidetes*. В модельных опытах с разложением внесенной целлюлозы при подавлении грибов циклогексимидом было обнаружено преимущественное участие протеобактерий, причем состав сообщества менялся в зависимости от температуры [9]. Если при 10°C преобладали α -, β -, γ -протеобактерии, то при 20°C их доля уменьшалась и резко (до 30%) возростала доля актинобактерий — стрептомицетов и микромоноспор, образующих минорную группу в психрофильном сообществе. Из выделенных культур ацидофильных органотрофов, разлагающих природные полисахариды, следует отметить известные β -протеобактерии *Burkholderia* с широким спектром субстратов, представителей флексисабактерий *Chitinophaga*, разлагающих микробные полисахариды (но не хитин!), и новый род факультативных анаэробов *Mucilaginibacter*, образующий обильную слизь. Численность бацилл, входящих в филогенетическую

группу *Firmicutes*, была на два порядка ниже, чем таких непривычных организмов, как планктомицеты. Типичный сфагнофил, обитатель дистрофных вод — планктонная бактерия *Labris*, названная так из-за формы клеток, похожей на двулезвийный топор минойцев. Эту бактерию первоначально обнаружила Л.В.Васильева в сфагновом болоте Эстонии, но затем ее находили и в других болотах.

Об обитателях собственно торфа, катательма, можно сказать немного. Это анаэробы, живущие в условиях обилия малодоступного для гидролиза гумифицированного органического вещества. Пленка гуминовых веществ покрывает растительные остатки и способствует их консервации. Анаэробизм — важнейший фактор сохранения органического вещества, что наглядно иллюстрируется накоплением торфа в тропических болотах. Деструкция в катательме блокирована, микробное сообщество малоактивно — это принципиальное ограничение. Конечным результатом деятельности сообщества служит медленно идущий метаногенез, осуществляемый ацидотолерантными метаногенами [9]. Благоприятные факторы для анаэробов сфагнеты — длительность вегетационного сезона под промерзающим верхним слоем болота, отсутствие хищников — дают возможность медленного устойчивого существования с накоплением биомассы. В результате сфагновые болота оказываются наиболее значительным источником природного метана в бореальной зоне. Среди психрофильных и ацидотолерантных метаногенов основную группу представляют метаносарцины. Гидрогенотрофные метанобактерии пока не выявлены ни молекулярными, ни культуральными методами. Интересно, что между метаногенами и ацетогенами существуют конкурентные отношения: в нейтральных условиях и при не слишком низкой температуре

преимущество имеют метаногены, а при понижении температуры — ацетогены.

Как известно, сфагновые болота — глобальный источник метана в атмосфере. Болотный газ поступает преимущественно за счет быстрого нерегулярного пузырькового транспорта. Диффузный поток могут перехватывать организмы газового фильтра. При исследовании продукции метана в лабораторных микроскопах выяснилось, что нитрат даже в очень низкой концентрации подавляет окисление метана. С помощью молекулярных и традиционных методов С.Н.Дедыш выделяла ацидофильные метаноокисляющие организмы: сначала *Methylocella* [10], а затем и *Methylocapsa*. Эти микробы адаптированы к кислым, холодным, ультрапресным условиям (рН 4.2–7.5) с оптимумом при рН ~ 5, +15–20° и предпочитают среды с содержанием солей около 300 мг/л. Они способны к активной фиксации N₂ и входят в общую филогенетическую с ацидофильными азотфиксаторами *Beijerinckia*. Состав сообществ метанотрофов оказался сходным в болотах бореальной зоны от Воркуты до Чукотки и севера Германии. Психрофильные нейтрофильные метанотрофы, открытые у нас несколько ранее, включают организмы рода *Methylobacter*.

Суммируя имеющиеся данные, можно утверждать, что микробное сообщество сфагнеты относится к омброфильным экстремальным органотрофам. Это устойчивое климатическое сообщество изучено пока очень слабо и требует нестандартных подходов.

Ксилотрофные грибы и диссипотрофы водоемов

На территории России основную площадь водосбора, ответственную за первый этап формирования вод поверхностного стока, покрывает заболоченный лес. Здесь обитает

древесно-грибное сообщество, трофические свойства которого обусловлены избытком безазотистого органического вещества лигноцеллюлозы древесины. Масштаб разложения древесины огромен и дает для России порядка 240 Мт C_{орг}/год [11]. Разложение лигноцеллюлозы на поверхности почвы осуществляют ксилотрофные грибы. В состав древесины входят целлюлоза, гемицеллюлозы, лигнин — полимер фенил-пропаноидных единиц с разнообразными связями между ними. Их нерегулярность затрудняет энзиматический гидролиз, осуществляемый внеклеточными окислительными ферментами: полифенолоксидазами, пероксидазами [12]. Это строго аэробный процесс, поскольку разложение лигнина требует участия активных форм кислорода. Вместе с тем ксилотрофные грибы растут преимущественно во влажной среде, ограничивая доступ кислорода. Именно здесь находится область микосферы, где происходит твердофазная ферментация растительных остатков. Отношения грибов между собой и разные типы ферментации — обширная специальная область микологии. Здесь же лишь отметим, что ксилотрофная микосфера бореальной зоны развивается как омброфильная группировка, гидролизующая древесину до усвояемых низкомолекулярных соединений с приблизительной границей молекулярной массы менее 1 кД.

Бактерии в микосфере играют подчиненную роль, находясь под сильным воздействием грибов, включая их антибиотическое действие. Поэтому микотрофные бактерии обладают устойчивостью к ряду факторов микосферы. В отличие от них, бактерии проточных вод используют преимущественно рассеиваемые продукты гидролиза древесины вне непосредственного воздействия мицелиальных организмов и образуемой ими биопленки. Такие организмы называются диссипотро-

фами. Мико-бактериальные взаимодействия играют ведущую роль в этом сообществе.

Образование ультрапресных вод лесо-болотного биоценоза легко моделировать в лаборатории, помещая древесину во влажную камеру над резервуаром с дистиллированной водой (рис.9). На поверхности древесины развивается грибной мицелий, в котором после колонизации начинается образование кислот. Затем в зависимости от доминирующих грибов идут либо бурая гниль (преимущественное разложение целлюлозы), либо белая гниль (преимущественное разложение лигнина), либо мягкая гниль, завершающиеся в конце концов образованием грубого лесного гумуса с моховым покровом и шляпными грибами-базидиомицетами. Кислая среда в начале процесса ($\text{pH} < 5$) в конце сменяется нейтральной или даже щелочной. В промывных водах накапливаются темноокрашенные гуминовые соединения.

В образующихся гумифицированных водах развиваются планктонные бактерии, сходные с живущими в озерах, питающих реки Русской равнины. Для каждой стадии характерны свои, часто морфологически своеобразные, организмы. Для первой стадии свойственны каулобактеры, гифомикробы, ксантобактеры. Многие из них относятся к филогенетической группировке протеобактерий и семейству *Xanthobacteriaceae*. Они ацидофильны и в качестве преимущественного субстрата используют органические кислоты, в особенности оксалат (рис.10). В результате баланса между продуктами обмена грибов и бактериями, потребляющими кислоты, воды постепенно нейтрализуются. Для них характерны олиготрофные протектобактерии с увеличивающимися выростами.

Таковы микробные процессы в области питания рек. Деятельность омброфильного микробного сообщества завершается



Рис.9. Развитие мицелия гриба *Trichoderma* на поверхности еловой древесины. Начальная стадия формирования гуматных ультрапресных вод.

поступлением гумифицированных дистрофных вод в конечные водоемы стока. Здесь они проходят барьер речных долин с низовыми болотами, где оседают органические вещества, и в водотоки поступает уже освоенная от них вода. Низовые болота населяет обильная

и разнообразная микробиота, в том числе анаэробная группировка. Органо-минеральные соединения, попадающие в озера, образуют органические илы, в которых развивается пеллофильная микробиота (для озер Карелии ее описал Б.В.Перфильев). Микробиота озер России



Рис.10. Возможная схема трофических взаимоотношений в «силотрофной микобактериальной системе».

изучена многолетними работами школы С.И.Кузнецова [13]. Озера — конечные внутриконтинентальные водоемы стока, которые вследствие значитель-

ного времени пребывания воды в них представляют самостоятельные экосистемы и традиционный объект исследований микробиологов. ■

Автор выражает глубокую благодарность своим сотрудникам С.Н.Дедыш, Л.В.Васильевой и Т.В.Алексеевой за оказанную помощь.

Работа выполнена при поддержке программ №16 («Молекулярный и функциональный анализ микробных сообществ ультрапресных вод») и №18 («Происхождение и эволюция биосферы») Президиума РАН.

Литература

1. Заварзин Г.А. Планета бактерий // Вестник РАН. 2008. Т.78. С.328—345.
2. Добровольская Т.Г. Структура бактериальных сообществ почв. М., 2002.
3. Воронин П.Ю., Макеев Ф.В., Гукасян И.А. и др. // Физиология растений. 1997. Т.44. №1. С.31—38.
4. Дедыш С.Н. // Микробиология. 2002. Т.71. №6. С.741—745.
5. Kotsurbenko O.R. // FEMS Microbial Ecology. 2005. V.53. P.3—13.
6. Васильева Л.В., Берестовская Ю.Ю., Заварзин Г.А. // ДАН. 1999. Т.368. С.125—128.
8. Куличевская И.С., Белова С.Э., Кевбрин В.В. и др. // Микробиология. 2007. Т.76. №5. С.702—710.
9. Панкратов Т.А., Белова С.Э., Дедыш С.Н. // Микробиология. 2005. Т.74. С.831—837.
10. Dedysb S.N., Panikov N.S., Liesack W. et al. // Science. 1998. V.282. P.281—284.
11. Кудеяров В.Н., Заварзин Г.А., Благодатский С.А. и др. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России. М., 2007.
12. Рабинович М.Л., Болотова А.В., Кондращенко В.И. Теоретические основы биотехнологии древесных композитов. Кн.1. Древесина и разрушающие ее грибы. М., 2001.
13. Кузнецов С.И. Микрофлора озер и ее геохимическая деятельность. Л., 1970.

Африканские ландшафты Испании

В.П. Чичагов

*Но на север и ныне
Юг оскалил клыки.
Все ползут из пустыни
Рыжей стаей пески.*

Н.Гумилев. Сахара

Две трети Пиренейского п-ова занимают равнины. Самые крупные из них и издавна осваиваемые человеком — это равнины Иберийской Месеты, которая представлена двумя нагорьями — Ново- и Старо-Кастильским. Они разделены главным хребтом полуострова — Центральной Кордильерой, или Сьерра-де-Гвадаррама. Природа нагорий во все времена была скудной. Засушливые, с бедными почвами, они использовались главным образом под пастбища и посевы зерновых культур. Эта сухая и бедная равнинная Испания, открытая всем ветрам и продутая ими насквозь... Ветры разрушали вспаханые почвы, угнетали жалкую растительность сухих степей, а огромные стада скота превращали их в полупустыню.

Страна постоянных ветров

«...Вдруг Дон Кихот заметил, что навстречу им движется по дороге огромное и густое облако пыли; увидев это облако, Дон Кихот обратился к Санчо с такими словами:

— Настал день, Санчо, когда... я совершу подвиги, которые будут вписаны в книгу славы на вечные времена. Так вот, эту пыль поднимает многочисленная и разноплеменная рать, что идет нам навстречу.

— Уж если на то пошло, то не одна, а две рати, — возвра-



Валерий Павлович Чичагов, доктор географических наук, главный научный сотрудник Института географии РАН, заместитель председателя Геоморфологической комиссии РАН. Область научных интересов — геоморфология и четвертичная геология, современное опустынивание. В последние годы выпустил книги «Война и пустыня» (М., 2007) и «Аридные равнины северо-запада Африки» (М., 2008). Публикуется в «Природе» с 1957 г.

зил Санчо, — потому с противоположной стороны поднимается точно такое же облако пыли» [1].

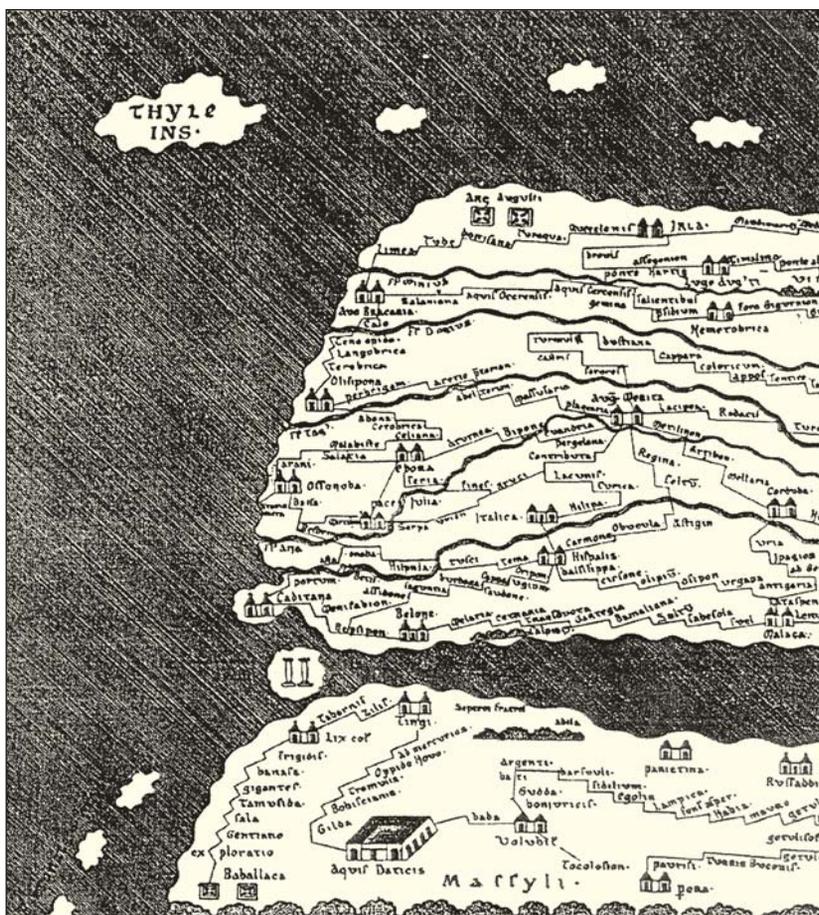
На самом деле пыль, которую они заметили, поднимали два больших стада овец и баранов, двигавшихся навстречу друг другу.

В этих словах, написанных великим Сервантесом на рубеже XVI и XVII вв., в эпоху бесконечных войн, — вечные для Испании темы: сражения и стада овец, нет только ветряных мельниц.

Испания — страна постоянных ветров. Испокон веку их непреходящая энергия использовалась населением, строившим сначала ветряные мельницы, а ныне ветроэнергетические установки. Вспомним известную сцену, в которой глазам Дон Кихота и Санчо Панса открылось не то тридцать, не то сорок ветряных мельниц, сто-

явших посреди поля, которые Рыцарь Печального Образа принял за чудовищных великанов с огромными руками... А там, где дуют постоянные сильные ветры, природа угнетена, деградирует.

В наше время перед человечеством как никогда остро стоит проблема прогноза и предупреждения природных и природно-антропогенных катастроф. Стало традиционным выделять семь глобальных катастроф: столкновение Земли с астероидом, превращение Земли в пустыню, всемирный потоп, землетрясения и цунами, перенаселение Земли, эпидемии и, наконец, последствия ядерной войны. Второе место в этом перечне неслучайно занимает опустынивание: увеличение площадей засушливых земель и агрессия сыпучих песков пустынь. Опустынивание происходит в результате изменения кли-



Фрагмент рисованного дорожника — Певтингеровой карты, составленной по материалам II в. на западную окраину античной Ойкумены. У выхода Средиземного моря из Гибралтарского пролива помещены легендарные Геркулесовы столбы.

матических условий — климатическое опустынивание и под воздействием хозяйственной деятельности человека — антропогенное опустынивание. О последствиях последнего мы и поговорим.

Антропогенное опустынивание представляет мощную угрозу человечеству. Известный американский естествоиспытатель Г.Ф.Осборн утверждал, что *значительная часть суши* в ближайшем будущем превратится в пустыню [2]. Он справедливо считал, что главная причина образования пустынь Африки, Ближнего Востока и Средней Азии — деятельность человека в прежние века. В послевоенные годы и в середине XX в. эти прогнозы не привлекли должного

внимания, но в наше время они представляются достаточно реалистичными для отдельных континентов, например Африки и самого большого полуострова Европы — Пиренейского.

Ныне почти третья часть земель Испании испорчена ветрами, покрыта песчаными покровами, частично превращена в безжизненную песчаную равнину с барханами, грядами и дюнами. (Неслучайно Осборн считал, что *Испания может стать своего рода европейской Сахарой*.) Так ли это?

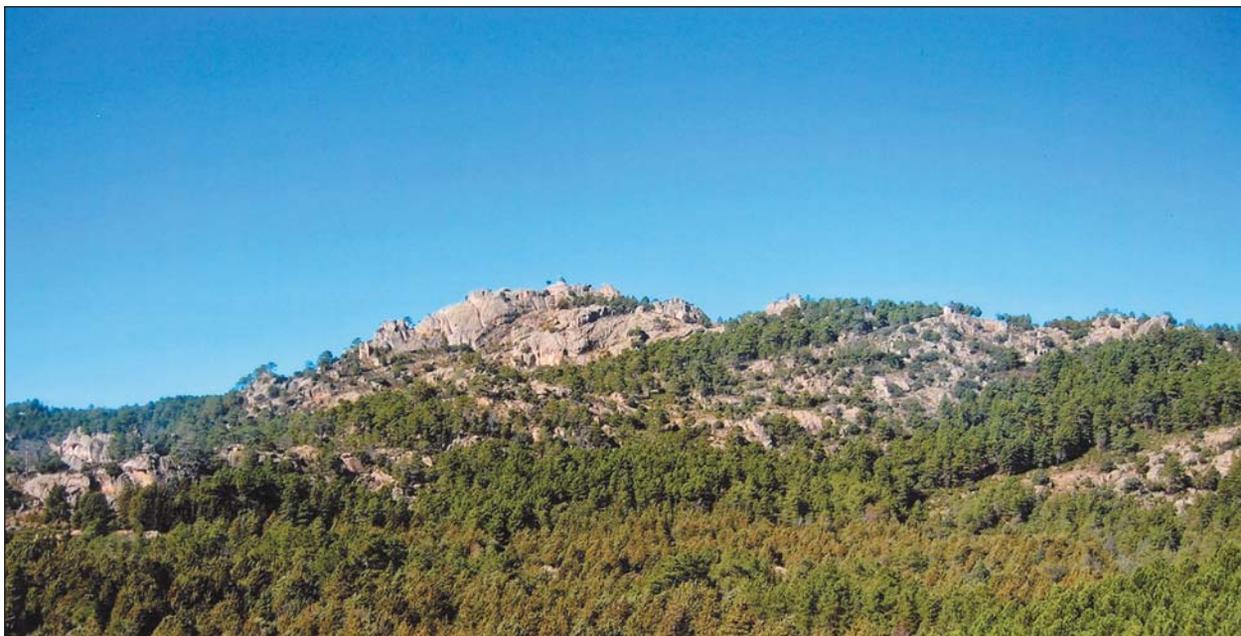
В 2005—2007 гг. мне пришлось путешествовать по Испании и своими глазами наблюдать геоморфологические процессы в засушливых областях этой страны.

Сходство равнин Испании и Северо-Западной Африки

В XIX в. по мере накопления знаний о состоянии земель Пиренейского п-ова и Северной Африки между ними оказалось так много общего, что специалисты задавались такими вопросами: начинается ли Африка от Пиренеев или Европа — севернее Атласа [3]?

Отделенный узким и неглубоким Гибралтарским проливом с легендарными Геркулесовыми столбами от северо-западного выступа Африки, Пиренейский п-ов имеет ряд африканских черт. Прибрежные равнины юго-востока Испании представляют выжженные солнцем песчаные пустыни с кактусами и пальмами, созданные иссушающими африканскими ветрами. Как было отмечено выше, равнинная, центральная часть Испании — Месета, состоящая из двух разделенных Центральной Кордильерой, или хребтом Сьерра-де-Гвадаррама частей, характеризуется засушливыми ландшафтами плоских равнин, большими площадями песчаных пространств, развеваемых ветрами. Даже характер тектонических деформаций Месеты аналогичен африканской платформе: *«северная часть Месеты представляет настоящую африканскую впадину, отгороженную от океана высокими горами»* — писали французские исследователи Средиземноморья П.Биро и Ж.Дреш [4].

Географическое положение и строение горных хребтов и равнин сравниваемых регионов также в общих чертах сходно. В плане похожие на подковы Иберийская и Марокканская Месеты («меса» по испански означает стол) с их ландшафтами столовых, ступенчато расположенных равнин открыты на запад — к океану. Горные хребты имеют асимметричный профиль: их круглые склоны обрываются к морю, а более пологие обращены в сторону континентов. Молодые окраинные горы



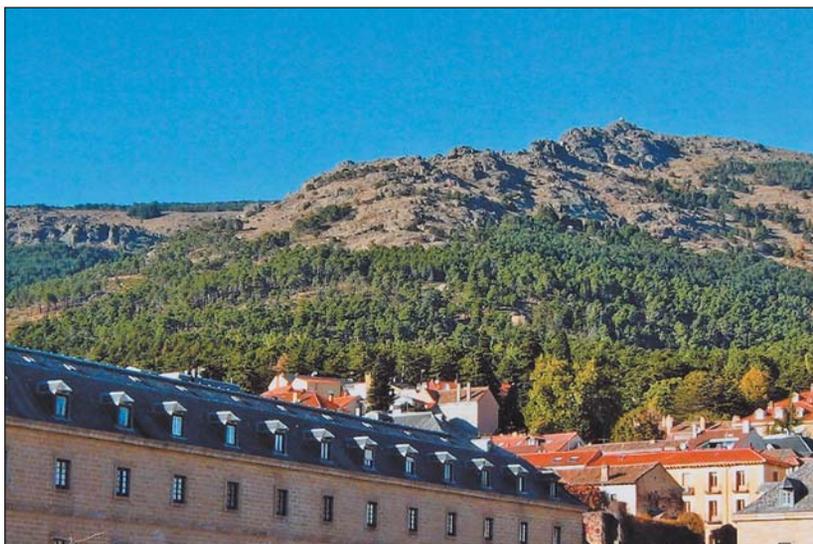
Вершинная поверхность хребта Сьерра-де-Гвадаррама (Центральная Кордильера). Гранитные вершины без леса, склоны покрыты редким вторичным лесом.

Здесь и далее фото автора

Пиренейского п-ова и Марокко сформировались вдоль окраин древних платформ. Важная геолого-геоморфологическая особенность регионов Испании и Марокко — горизонтальное залегание континентальных отложений начиная с миоцена (т.е. моложе 7 млн лет) в пределах упоминавшихся равнин. Это и является главной исходной причиной их плоских как стол поверхностей.

Сравниваемые регионы объединяются Средиземным морем, эволюцией, почвенно-растительным покровом и климатом, а разъединяются Гибралтарским проливом, образующим естественные ворота связей и взаимодействия древних и современных цивилизаций из Европы в Африку и наоборот. И в наши дни многочисленны черты сходства их городов и отдельных равнинных местностей.

Общей была и их предыстория: финикийцы на европейском и африканском побережьях строили морские порты, карфагеняне — города и дороги вдоль побережий, римляне создавали развитую инфраструктуру в пре-



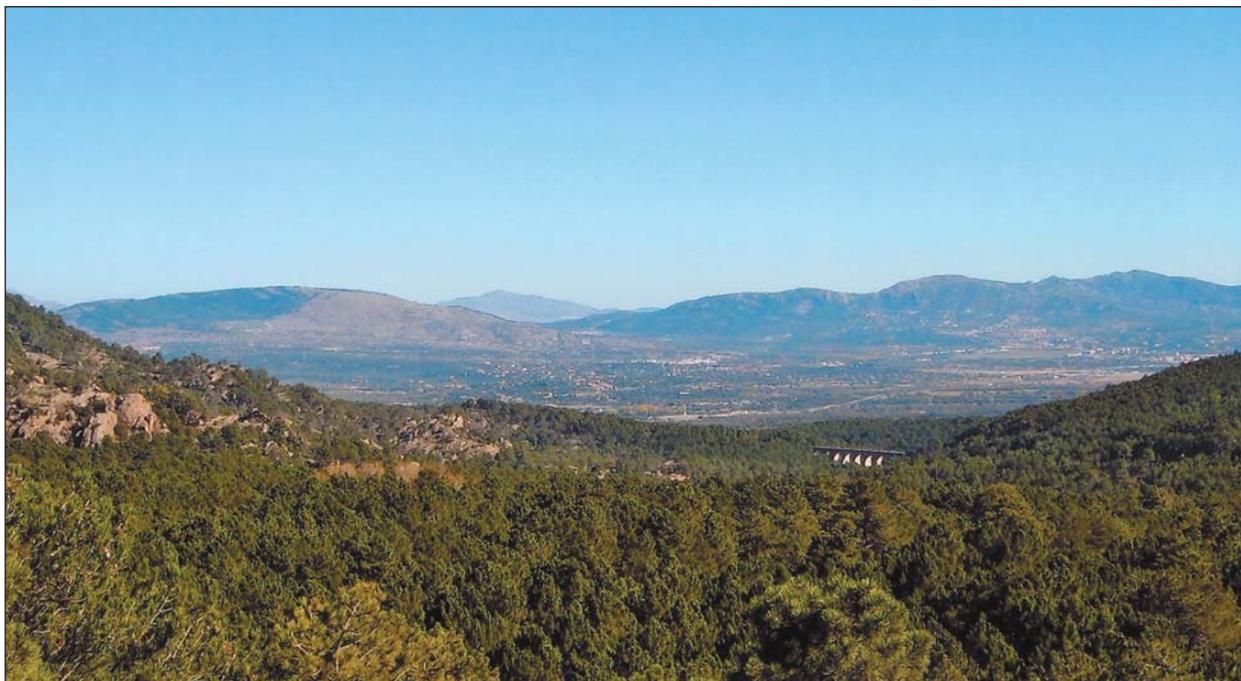
Высокие гранитные безлесные равнины хребта Сьерра-де-Гвадаррама над Эскориалом.

делах провинций, строя города и дороги, арабы создали здесь первое единое государство.

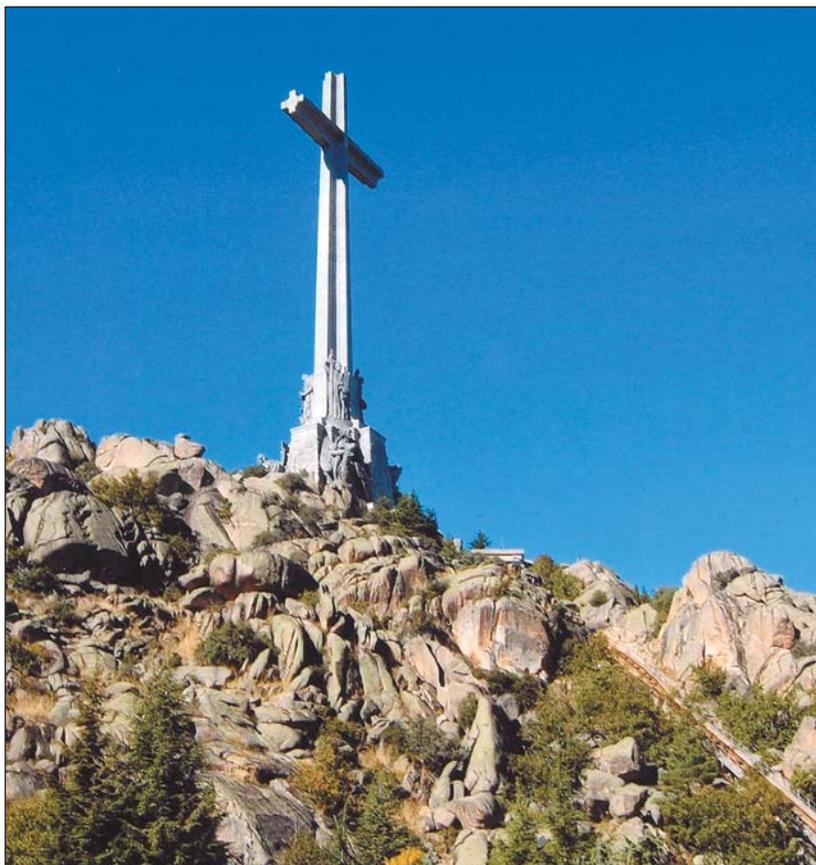
Сходным был и стиль эксплуатации природных ресурсов в мирные и военные века, сведение древесной растительности, обмеление рек и проч. Аналогичным образом протекали процессы антропогенного опу-

стынивания, в котором преобладал южный — африканский стиль; идентичными были [5] методы борьбы с ним. Наконец, Испания и Марокко изначально были и по сей день остаются преимущественно сельскохозяйственными странами.

И живописный облик современного рельефа во многом



Типичная впадина у подножья южного склона хребта Сьерра-де-Гвадаррама, испытавшая длительное опустынивание.



Сильно расчлененный гранитный останец в хребте Сьерра-де-Гвадаррама с памятным крестом в Долине Павших.

схож, издавна привлекал внимание естествоиспытателей, художников и поэтов. Замечательный поэт Серебряного века Н.Гумилев [6] проводил поэтические параллели между окраинными хребтами Испании и Северо-Западной Африки:

*И Атласа громада
Тяжела и черна,
Словно Сьерра-Невада
Ей от века родна...*

История антропогенного опустынивания

С эпохи неолита по мере роста населения все большие площади земель Испании использовались в сельском хозяйстве, все больше уничтожалось древесной и кустарниковой растительности на строительство и топливо. Это приводило к обмелению рек. Уровень грунтовых вод снижался, воды в источниках становилось меньше. А потребности в продовольствии и воде все время росли, достигая максимума в период войн. Войны в этом регионе были постоянными.



Испытывающие интенсивное опустынивание равнины в бассейне р.Тахо в районе г.Толедо.

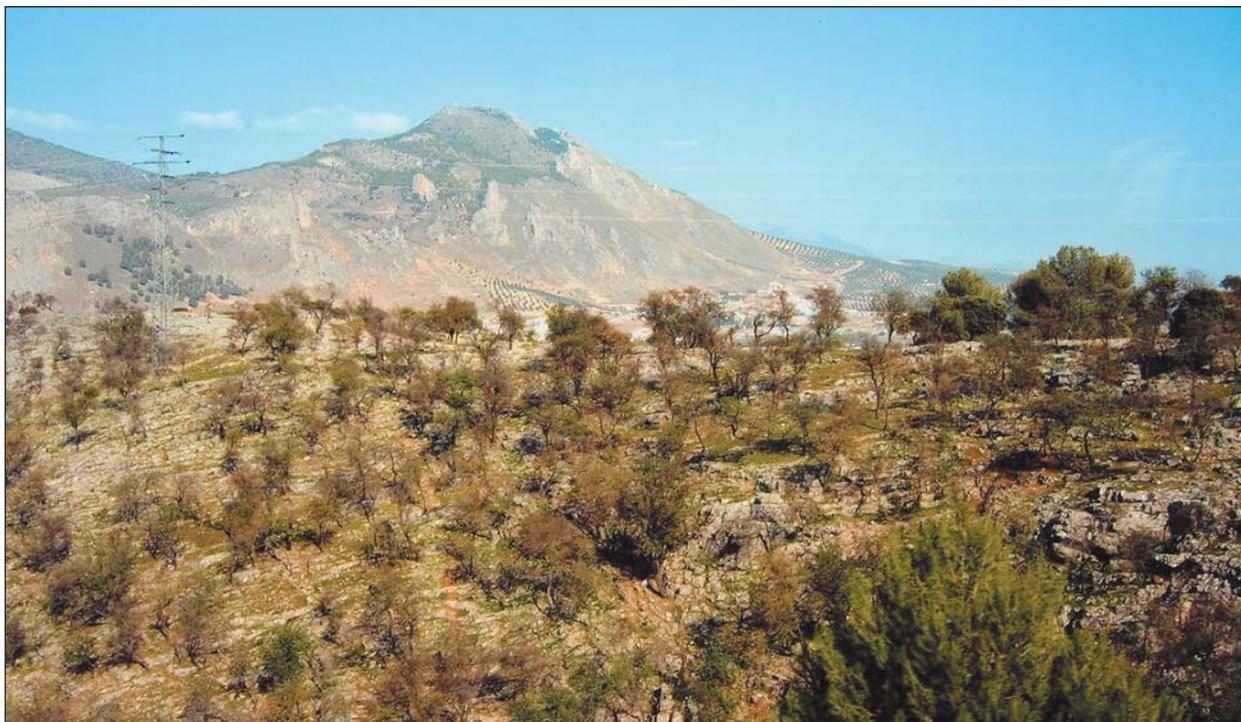


Лишенные лесной растительности южные склоны хребта Кордильера Бетика в районе г.Гранада.

Разрушение равнин Иберийской Месеты человеком имеет длительную историю. Дело в том, что роль равнинной Испании — плоскогорья и его населения — в истории Испании была веду-

щей. Населению выпала тяжелая доля вести постоянные освободительные и оборонительные войны, постоянно бороться за выживание в условиях крайне скудной природы в условиях

вечного дефицита воды. Месета получила название Испании «сухой и воинственной». Интенсивная распашка и использование засушливых земель Месеты под пастбища начались в золотой



Подверженные интенсивному опустыниванию южные склоны хребта Сьерра-Невада.

век римской эпохи — в первые два века нашей эры. Поскольку бесплодное сельское хозяйство давало мизерные урожаи — 9 ц и менее с гектара зерновых, римляне начали строительство оросительных сооружений. Андалусия стала житницей Римской империи. И, несмотря на то, что римская государственная хозяйственная система стала проявлять признаки упадка уже с III в. и была разрушена варварами в V в., она еще сохраняла свой стиль и в смутное время, окончательно пав в 711 г. под натиском ислама. Арабы дополнили и улучшили то, что создали римляне. В разных районах Испании влияние ислама продолжало ощущаться с 711 г. на протяжении трех — восьми столетий. Испания была тем «тиглем, в котором разные культуры сплавлялись, образуя единое целое» [5]. Два мира постоянно враждовали, но не были изолированы и использовали прогрессивные достижения друг друга.

Равнины сухой Испании на протяжении тысячи трехсот лет

подвергались беспрестанным разрушениям.

Сведение лесов. В процессе постоянного сведения девственных лесов, некогда одевавших сплошным покровом все горные хребты Испании, значительную роль играли рубки массивов строевого леса — наиболее прочных, высоких и старых деревьев для нужд могучего в ту эпоху, быстро развивавшегося испанского морского флота. К началу XVI в. корабельный лес в Испании был сведен и стал закупаться в странах Северной Европы.

Начиная с колумбовой эпохи (1492—1504) открытия и освоения Америки этот процесс привел к сведению густых первичных лесов — массивов вековых дубов, ясеней, пробкового дуба и др.; к замене их вторичными, разреженными, с многочисленными участками, лишенными растительности. С них-то и началось опустынивание горных склонов, их размыв.

Об огромных размерах испанского флота и соответствующим

масштабах сведения строевого леса можно судить по нескольким сотням кораблей Непобедимой армады, направленной Испанией на покорение Англии в 1588 г.

Пастбищная и дорожная дигрессия. После свирепствовавшей в XIV в. в Европе и в Испании эпидемии чумы резко увеличился экспорт особого товара — шерсти мериноса, производившейся на плоскогорье и находившейся международный сбыт. Экспорт этой тонкой и дорогой шерсти был очень важен для развития страны, так как способствовал укреплению внутреннего рынка, усилению ряда городов, развитию инфраструктуры. Так, Бургос стал крупным экономическим центром, Бильбао — крупным портом. Бурное развитие овцеводства произошло в результате создания и функционирования Месты — организации крупных овцеводов, преимущественно феодалов Испании. Она возникла в Кастилии в 1273 г. и пользовалась королевскими привилегиями. Ог-



Плانتации цитрусовых на испытавшей длительное и интенсивное опустынивание подгорной равнине хребта Кордильера Бетика.

ромные стада овец, принадлежавших Месте, осенью перегонялись с севера страны на южные пастбища, а весной обратно. Прогон скота осуществлялся по специально проложенным широким трассам, пересекавшим возделанные поля, луга и виноградники. Места добилась права даже на вырубку лесов вдоль путей прогона стад, на использование пастбищ городских и сельских общин. Крестьянам было запрещено возводить изгороди для защиты своих полей от прогона отар овец. В результате значительно возросли нагрузки на поверхность наименее засушливых равнин Месеты (с подножным кормом для овец), превратив их в засушливые, развеваемые ветрами. Широкие пути Месты пересекали поля, сады, виноградники и луга.

В конце XV—XVI вв. в связи с увеличением экспорта шерсти королевскими указами пастбища Месты были еще более расширены за счет пахотных земель, а за членами Месты были навечно закреплены арендо-

ванные ими поля. Места явилась одной из причин общего упадка сельского хозяйства Испании в XVI в. Во второй половине XVIII в. привилегии Месты были ограничены, а затем отменены, но сама Места действовала до 1836 г.

С 1273 по 1836 г. функционирование отлаженной системы Месты нанесло непоправимый урон природе равнин сухой Испании, превратив исходные степные ландшафты в полупустынные.

Борьба за воду, за урожай, за выживание. На протяжении всей истории в районах сухой Испании вода была дефицитна. Наследием Реконксты — отвоевания у мавров всей территории Испании в 1492 г. — было создание экономического уклада сельских общин, среди которых выделялись *гидравлические общины* с удивительно прочными обычаями распределения воды. Борьба за воду стала постоянной. На засушливых землях Испании практиковался только экстенсивный метод ве-

дения сельского хозяйства — стихийная обработка земли без полива — сухое земледелие. При таком методе обработки земли урожай удавалось снимать не каждый год и урожайность была минимальной. Кроме того, как отмечалось выше, здесь долго господствовало животноводство. Решение водной проблемы шло очень медленно.

Только с 1975 г., начала функционирования конституционной монархии, проблема обводнения сухой Испании начала реально решаться. Два водохранилища Римской эпохи — Просерпино и Корнальбо в Эстремадуре, несколько малых водохранилищ XV — XIX вв. и послевоенных лет (построенных после Второй мировой войны) давно стали памятниками ирригационного строительства. Во второй половине XX в. в Испании было более 400 водохранилищ разного назначения объемом в 45 км³, к началу XXI в. планировалось строительство еще 400 объектов объемом в 30 км³. В настоящее время Пиреней-



Начало рекультивации сильно опустыненной равнины подножья хребта Кордильера Бетика.

ский п-ов — самый «водохранилищный» регион Европы: на его территории размещаются 20% всех водохранилищ Европы и 25% их общего объема.

Наиболее крупные водохранилища созданы в долинах испанских рек Дуэро, Тахо, Эбро, Гвадиана, малые водохранилища занимают расширения долин их притоков в горной и холмистой местностях. Проведены крупные судоходные каналы, например Арагонский и Таусте, по левобережью и правобережью среднего течения р.Эбро. Построены атомные и гидроэлектростанции, дающие энергию и для орошения сухих земель. Испания принадлежит к числу стран, имеющих преимущество в получении помощи ЕЭС. Она получила 60 млрд евро на 2000—2006 гг. и частично использует эти средства на решение водной проблемы.

Получаемая от ГЭС гидроэлектроэнергия дала возможность использовать ресурсы подземных вод для орошения опустыненных районов и рекультивации

пород фруктовых, в основном цитрусовых и масличных культур. Наблюдения автора позволяют судить о значительных масштабах рекультивации опустыненных земель Испании в наше время и об устойчивом наращивании этого процесса.

Военные разрушения. История Испании по 1975 г. — это история ее участия в войнах. Локальные войны — битвы и сражения — были до Римской эпохи. Римляне на протяжении двух веков вели захватнические войны на территории Пиренейского п-ова, так и не покорив его север и северо-запад. В эпоху Реконксты (с VIII по XV в. включительно) Испания, особенно Кастилия (с 711 по 1492 г.) постоянно пребывала в состоянии войны. Военные события XX в. частично уже упоминались. Военные разрушения засушливых территорий многообразны, но все они сопровождаются нарушением и частичным сведением растительности, разрушением почвенного покрова, интенсификацией эоло-

вых процессов и многим другим [7, 8]. Выше отмечалось, что около одной трети полуострова подвержено разрушительным эоловым процессам. В связи с этим, как это ни парадоксально, земельный фонд северо-запада Африки (на примере Марокко) сохранился лучше, чем в Испании, и приносит устойчивые урожаи зерновых.

Опустыненные земли Испании сегодня. Показателем интенсивности современного опустынивания служат площади, занятые сухими желтыми песчаными равнинами. Они развиты мозаично и встречаются на обширной территории от южного склона хребта Сьерра-де-Гвадаррама (центральной Кордильеры) до средиземноморского побережья.

В пределах горного хребта они представлены небольшими разрозненными пятнами. У южных подножий Сьерра-де-Гвадаррамы, в районе Эскориала—Мадрида, широко развиты опустыненные каменистые гранитные равнины. В поисках влаги



Североафриканский стиль использования земель на юго-западе Испании.

по трещинам в гранитах сохранились редкие угнетенные деревья. После сведения лесов равнины подверглись размыву и дефляции, обнаживших поверхностные песчаные отложения. Южнее в пределах Ново-Кастильского нагорья преобладают обширные плоские, лишённые растительности, открытые ветрам всех румбов равнины, покрытые маломощными рыхлыми, преимущественно песчаными отложениями. Из-под их неравномерного покрова просвечивают неровности подстилающих скальных пород. На отдельных участках поверхностные отложения полностью удалены ветрами и обнажен неровный рельеф скального ложа.

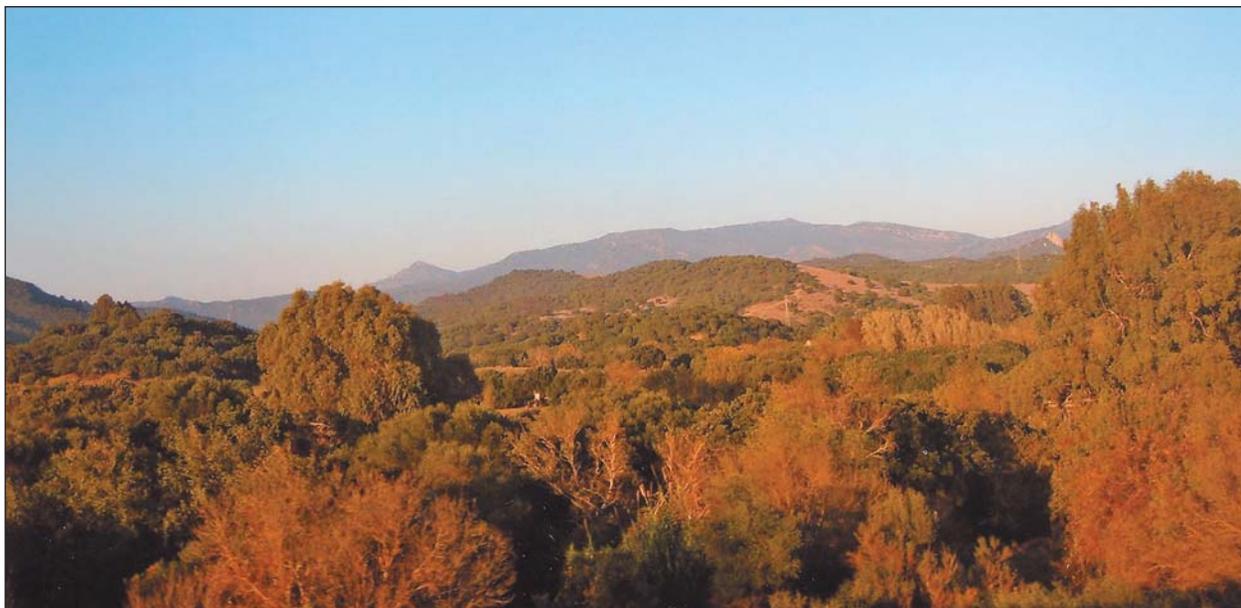
Межгорные равнины Кордильеры Бетика и Сьерра-Невады с римской эпохи интенсивно использовались в сельском хозяйстве и городском строительстве. Здесь расположен древний город Гранада и его предместья. Занимаемая им территория необратимо изменена. Первичная лесная растительность на скло-

нах прилегающих низких гор была полностью сведена и ныне постепенно восстанавливается. На поверхности желтых, испытавших дефляцию песчаных горных склонов создаются зелёные линии цитрусовых, преимущественно апельсиновых деревьев.

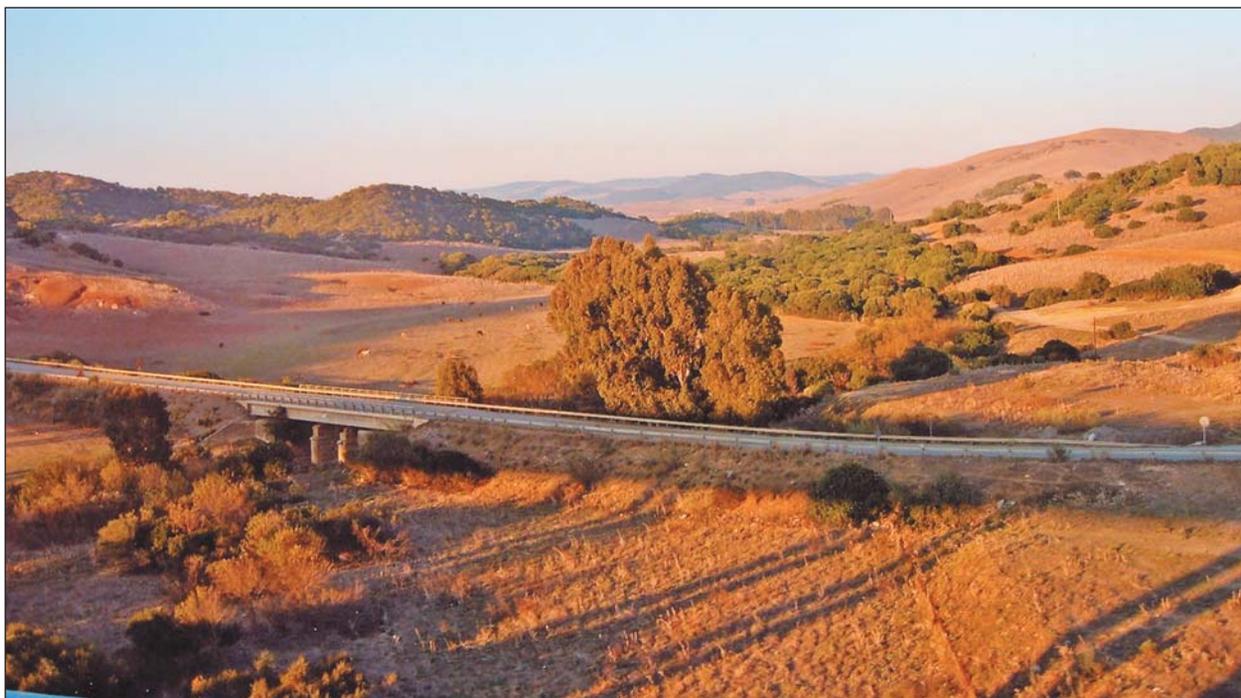
Холмисто-увалистые при-средиземноморские равнины южных предгорий хребтов Сьерра-Невады и Кордильеры Бетика — это область сплошного, длительного и интенсивного опустынивания. Все равнины здесь издавна распахиваются,



Участок опустыненной наклонной равнины между городами Тарифа и Альхесирас.



Ландшафт вторичных средиземноморских лесов с безлесными участками на юго-западе Испании.



Подверженные интенсивному современному опустыниванию холмистые равнины на западе Андалусии.

а неудобные земли используют- ся под пастбища. В результате многовековых нагрузок здесь также были сведены первичные леса, равнины испытали эрозийное расчленение и мощную дефляцию. В настоящее время значительные площади этих

желтых, песчаных и супесчаных равнин используются под плантации цитрусовых деревьев.

По характеру рельефа, расчленения и опустынивания южный склон Кордильеры Бетика напоминает описанный выше южный склон Сьерра-де-Гва-

даррамы: мягкие очертания склонов, маломощный, фрагментарно развитый покров поверхностных отложений, обилие желтых участков опесчаненных поверхностей, повсеместно подверженных интенсивной дефляции.

Почти все песчаные пустыни были ранее закреплены растительностью и пришли в развешаемое состояние исключительно из-за вытаптывания и вытравливания их стадами. Эти земли могут быть восстановлены лишь путем коренной мелиорации, часто с применением орошения. Дефляция в Испании проявляется в выдувании и обеднении состава почв на современных пашнях. По классификации замечательного отечественного ученого Д.Л.Арманда, с которым автору довелось долгие годы работать в Институте географии РАН, это земледельческая и пастбищная дефляция. Он выделял еще дорожную, лесопромышленную, горнопромышленную, селитебную и ирригационную разновидности ускоренной антропогенной дефляции [9].

* * *

Прошли времена, описанные Сервантесом. Не поднимают густые огромные облака пыли в сухой Испании овцы, для них проложены скотопробные трассы, позволяющие не выбивать почву и не уничтожать растительность засушливых равнин Месеты. Но последствия интенсивной скотоводческой деятельности XIII—XVII вв. оставили заметный след в природе испанских возвышенных и при-

морских равнин.

Действительно, естественные засушливые и антропогенные аридные равнинные ландшафты Испании и Марокко имеют много общих черт. Но Сахара в прямом значении этого термина, как крупный равнинный пустынный регион, состоящий из множества песчаных морей, каменистых и глинистых пустынь проникнуть на территорию Пиренейского п-ова не в состоянии. Влияние Сахары как мощной природной тепловой машины — своеобразной региональной «духовки» — распространяется ограниченно, лишь в пределах узкой прибрежной зоны вдоль юго-восточного побережья Испании со среднегодовым количеством осадков 100—150 мм. Это единственный район Испании, ландшафты которого с некоторыми оговорками можно назвать африканскими. Однако при этом характер антропогенного опустынивания сравниваемых регионов имеет ряд общих черт.

Испания — единственная европейская страна, расположенная в непосредственной близости к Африке. Природа ее юго-восточной, присредиземноморской окраины на протяжении последних 5 тыс. лет испытывает

иссушающее влияние Сахары и последствия тысячелетнего антропогенного опустынивания.

Увеличение площадей пустынь представлялось Гумилеву увертюрой возможной мировой катастрофы [6]:

*И быть может немного
осталось веков,
Как на мир наш,
зеленый и старый,
Дико ринутся хищные
стаи песков
Из пылающей юной Сахары.
И когда наконец
корабли марсиан
У земного окажутся шара,
То увидят сплошной
золотой океан,
И дадут ему имя: Сахара.*

В результате опустынивания на территории Испании формировались антропогенные засушливые — аридные и семиаридные ландшафты, близкие к североафриканским, но Сахара никогда не проникала в пределы Пиренейского п-ова. И не проникнет: результаты масштабного восстановления опустыненных земель Испании в начале XXI в. позволяют судить о том, что с годами африканские черты опустынивания здесь будут стираться и поэтические прогнозы Гумилева, так же как и Осборна, к счастью, не сбудутся. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 06-05-64559.

Литература

1. Сервантес М. Хитроумный идальго Дон Кихот Ламанчский. Т.1. М., 1961.
2. Осборн Г.Ф. Человек каменного века. Среда. Жизнь. Искусство. Л., 1924.
3. Бернар О. Северная и Западная Африка. М., 1948.
4. Биро П., Дреш Ж. Средиземноморье. Т.1: Западное Средиземноморье. М., 1960. С.119.
6. Гумилев Н. Полное собрание сочинений: В 10 т. Т.4. М., 2001.
5. Вилар П. История Испании. М., 2006.
7. Чичагов В.П. Сахара внедряется в Атлас // Природа. 2008. №2. С.45—53.
8. Чичагов В.П. Война и пустыня. М., 2007.
9. Арманд Д.Л. Ускоренная антропогенная эрозия и дефляция // Географическая среда и рациональное использование природных ресурсов. М., 1983. С.70—86.



Как вырастить нанопроволоку?

А.В.Зотов, А.А.Саранин, Д.В.Грузнев, Д.А.Цуканов

Многие, наверно, замечали, как непрерывно год от года совершенствуются электронные приборы: повышается быстродействие и увеличивается объем памяти компьютеров (при том, что сами они становятся более компактными), все более сложными функциями наделяются сотовые телефоны и т.д. Во многом это связано с тем, что благодаря развитию технологий элементы микросхем становятся все меньше, а их количество в микросхемах все больше. Оценка показывает: если существующий темп уменьшения размеров сохранится, к 2015–2020 гг. элементы микросхем будут иметь нанометровый масштаб. Однако проблема заключается в том, что ни одна из существующих технологий, используемых для изготовления микросхем, не позволяет сформировать подобные элементы нанометрового масштаба. Минимальный размер элементов, достижимый с их помощью сейчас, чуть меньше 100 нм, и это практически предел. Требуются принципиально новые технологии, и ученые во всем мире ведут активные поиски в этом направлении.

Направление прорыва

Среди различных подходов последние годы все большее внимание исследователей привлекает формирование нано-

структур из отдельных атомов (так называемая технология «снизу вверх»), причем с использованием механизмов самоорганизации. Суть самоорганизации — это создание таких условий, когда атомы системы сами объединяются в однотипные *наноструктуры* (структуры нанометрового масштаба), которые могут служить прообразами элементов микросхем. Задача заключается в правильном выборе системы и определении условий, благоприятных для самоорганизации. Основные принципы, на которых должно базироваться ее решение, уже вырисовываются (об альтернативных подходах упомянуто в [1]); их можно сформулировать следующим образом.

— Формирование наноструктур проводится в условиях *сверхвысокого вакуума*. Типичное давление при этом $\sim 10^{-10}$ мм рт.ст., т.е. оставшийся в установке газ примерно в 10^{13} более разрежен, чем окружающий нас воздух. Этим достигаются «чистые» условия для роста, когда мы практически гарантированы от того, что из окружающей среды придет нежелательная примесь.

— «Строительной площадкой» для формирования наноструктур служат *атомарно-чистые поверхности* полупроводниковых кристаллов (т.е. такие поверхности, состав и структура которых контролируются на атомном уровне). Для их приготовления и поддержания их чистоты в ходе роста нанострук-

тур также необходим сверхвысокий вакуум.

— В качестве материала для строительства наноструктур используются различные *атомы, осаждаемые на поверхность* в количествах от долей атомного слоя до нескольких атомных слоев.

— Методом формирования наноструктур является *атомная самосборка* (самоорганизация).

— Контроль процессов роста и атомного строения выращиваемых наноструктур осуществляется с помощью *сканирующего зондового микроскопа*, который позволяет видеть не только сами наноструктуры, но даже отдельные атомы на поверхности.

Этот подход достаточно популярен: его используют многие исследовательские группы в мире, в том числе и мы в отделе физики поверхности Института автоматики и процессов управления ДВО РАН [2]. Для его реализации требуется в полном смысле слова высокотехнологичное оборудование. Это установки, внутри которых с помощью насосов создается сверхвысокий вакуум и где есть системы, позволяющие производить необходимые манипуляции с образцом (перемещать, нагревать, охлаждать, проводить очистку и т.д.). Для осаждения на образец различных материалов в установке предусмотрен набор источников. В простейшем случае источник представляет собой тигель из тугоплавкого материала (например, нитрида бора или тантала), со-

державший небольшое количество вещества, которое мы хотим осадить на поверхность образца. Если тигель нагреть до подходящей температуры, вещество начнет испаряться и из тигля полетит поток соответствующих атомов. Если на пути потока поместить образец, эти атомы будут осаждаться на поверхность образца. Варьируя температуру тигля, можно управлять плотностью потока (чем выше температура, тем больше плотность потока), а следовательно и количеством осажденного вещества с высокой точностью (обычно до сотых долей монокристаллического слоя). То, как поведут себя атомы осаждаемого вещества на поверхности образца, зависит и от типа атомов, и от типа образца, и от его температуры. Например, если температура образца слишком высокая, атомы с его поверхности быстро испаряются, т.е. вещество по сути не липнет к поверхности. Если же температура слишком низкая, атомы, конечно, к поверхности прилипают, но в случайных местах, прямо там, где они на нее попали, и в результате растет неупорядоченная (аморфная) пленка. Поэтому наиболее интересен промежуточный диапазон температур, когда атомы еще не испаряются с поверхности, но уже могут двигаться по ней. В этом случае возможно формирование самых разнообразных атомных конструкций (в том числе и правильной формы). То, что получится, становится результатом различных межатомных взаимодействий и зависит от того, насколько сильно атомная структура образца влияет на движение осажденных атомов, как эти атомы взаимодействуют между собой, изменяют ли осажденные атомы структуру и свойства поверхности образца и т.д. Чтобы исследователь смог разобраться во всем этом, экспериментальная установка должна быть оснащена аналитической аппаратурой (например, сканирующим туннельным мик-



Андрей Вадимович Зотов, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией технологии двумерной микроэлектроники Института автоматизации и процессов управления ДВО РАН (Владивосток), профессор кафедры электроники Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. Изучает процессы формирования наноструктур методами сверхвысоковакуумных технологий.



Александр Александрович Саранин, член-корреспондент РАН, заместитель директора того же института, профессор кафедры физики и техники материалов для полупроводниковой микроэлектроники Дальневосточного государственного университета. Область научных интересов — атомные процессы на поверхности полупроводниковых кристаллов.



Дмитрий Вячеславович Грузнев, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник того же института. Специалист в области сканирующей туннельной микроскопии нанобъектов.



Дмитрий Анатольевич Цуканов, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник того же института. Занимается изучением электрических свойств наноструктур.

роскопом, СТМ [1]), которая обеспечивала бы возможность контроля состава и структуры поверхности образца и сформировавшихся на ней наноструктур. На рис.1 показан внешний вид такой установки.

Прежде чем приступить непосредственно к теме нашей статьи, стоит напомнить, что базовыми элементарными наноструктурами являются:

— **нанопленки**, имеющие толщину нанометрового мас-



Рис.1. Сверхвысоковакуумная установка «Omicron VT-STM» для исследования роста наноструктур на поверхности монокристаллических пластин кремния. Установка оснащена сканирующим туннельным микроскопом, системой подготовки образцов кремния и несколькими источниками для выращивания пленок на образцах.

штаба, но достаточно протяженные в длину и ширину,

— *нанопроволоки*, имеющие сечение нанометрового масштаба, но достаточно большую длину,

— *наноточки*, у которых все размеры имеют нанометровый масштаб.

О том, как можно сформировать большое количество одинаковых наноточек (магических кластеров) и даже заставить их образовать упорядоченные массивы, мы уже рассказали в предыдущей статье [1]. Здесь же речь пойдет о самоорганизующихся нанопроволоках.

Капризный характер

Формирование нанопроволок с помощью самоорганизации оказалось довольно непростой задачей. Несмотря на активные поиски, к настоящему моменту разработано лишь не-

сколько методик. В частности, было установлено, что если осадить 0.2–0.3 моноатомных слоя благородного металла (например, золота) на поверхности таких граней кристалла кремния, как Si(335), Si(557), Si(553), то на них формируются атомные цепочки металла [3]. Подобные поверхности называют высокоиндексными*. Как видно на рис.2, эти поверхности состоят из узких террас низкоиндексных поверхностей (в данном случае это поверхность Si(111)), разделенных ступенями моноатомной высоты. Все террасы имеют одинаковую ширину, равную фиксированному числу атомных ря-

* Различные грани кристалла описываются с помощью индексов Миллера — трех чисел в скобках; строгое определение интересующийся читатель сможет найти в любом элементарном учебнике по физике твердого тела. Высокоиндексные поверхности — это такие поверхности, у которых индексы Миллера выражаются относительно большими числами.

дов. При осаждении золота на каждой террасе формируется одна цепочка из атомов Au, ориентированная параллельно ступени. В результате на поверхности образуется массив параллельных атомных цепочек, стоящих друг от друга на равные расстояния. Расстояния между цепочками зависят от поверхности и составляют 1.26 нм для Si(335), 1.92 нм для Si(557) и 1.48 нм для Si(553).

Электрические измерения, проведенные исследователями из Токийского университета на образцах Si(557)-Au [4], выявили, что проводимость массива вдоль цепочек примерно втрое выше, чем поперек. Однако проводимость эта оказалась очень малой (вклад цепочек в проводимость образца едва заметен на фоне собственной проводимости подложки кремния, поэтому измерения пришлось проводить при очень маленьких — 75 мкм — расстояниях между электродами, роль которых играли зонды СТМ). Более того, несмотря на то, что цепочки образованы атомами металла, они демонстрируют полупроводниковые (а не металлические) свойства. Под этим подразумевается, конечно, не столько абсолютная величина проводимости, сколько ее характер. Различие между проводниками и изоляторами, как известно, заключено в их электронной структуре — в наличии свободных носителей заряда в первом случае и отсутствии во втором, к которому с качественной точки зрения относятся и полупроводники. Это различие сказывается на многих их свойствах, в первую очередь — на температурной зависимости проводимости (у полупроводников она экспоненциальная, так как носителям, чтобы переносить ток, надо сначала термоактивироваться из заполненной валентной зоны в пустую зону проводимости). Есть и прямые методы контроля электронной структуры, а именно спектроскопические методы, в которых электронную структуру образца непосредственно

зондируют с помощью электронов (например, в сканирующей туннельной спектроскопии) или фотонов (в фотоэлектронной спектроскопии). И вот таких экзамплов золотые атомные цепочки не выдерживают. Само же слово «проволока» (даже в бытовом смысле без приставки «нано») очевидно предполагает наличие у нее металлических свойств. Поэтому атомные цепочки золота на высокоиндексных поверхностях кремния уже не рассматриваются как нанопроволоки, хотя и остаются интересным объектом фундаментальных исследований, направленных на изучение электронных свойств одномерных систем.

Очень похожая история произошла и с «нанолиниями», образуемыми атомами висмута (Bi) на поверхности Si(100). Японские и британские исследователи (сначала независимо, а с 1999 г. вместе), изучая рост сверхтонких пленок Bi на Si(100), обнаружили, что если на поверхность Si(100) осадить висмут при достаточно высокой температуре (~500°C, когда поток Bi на поверхность соизмерим с потоком Bi, испаряющимся с поверхности) либо просто долго греть при ~500°C пленку Bi, осажденную при более низких температурах, то на СТМ-изображениях такой поверхности наблюдаются длинные идеально прямые линии (рис.3, а) [5]. Их ширина составляет 1.54 нм, а длина может быть более 500 нм. Позже было определено их атомное строение: это двойной ряд димеров Bi, как показано схематически на рис.3, б. Поначалу они рассматривались как перспективный прообраз нанопроволок. Однако дальнейшие исследования показали, что и они обладают полупроводниковыми свойствами [6], и за ними в литературе закрепилось название «нанолинии Bi» (подчеркивающее, что это не нанопроволоки).

В ряде работ последних лет была предпринята попытка ис-

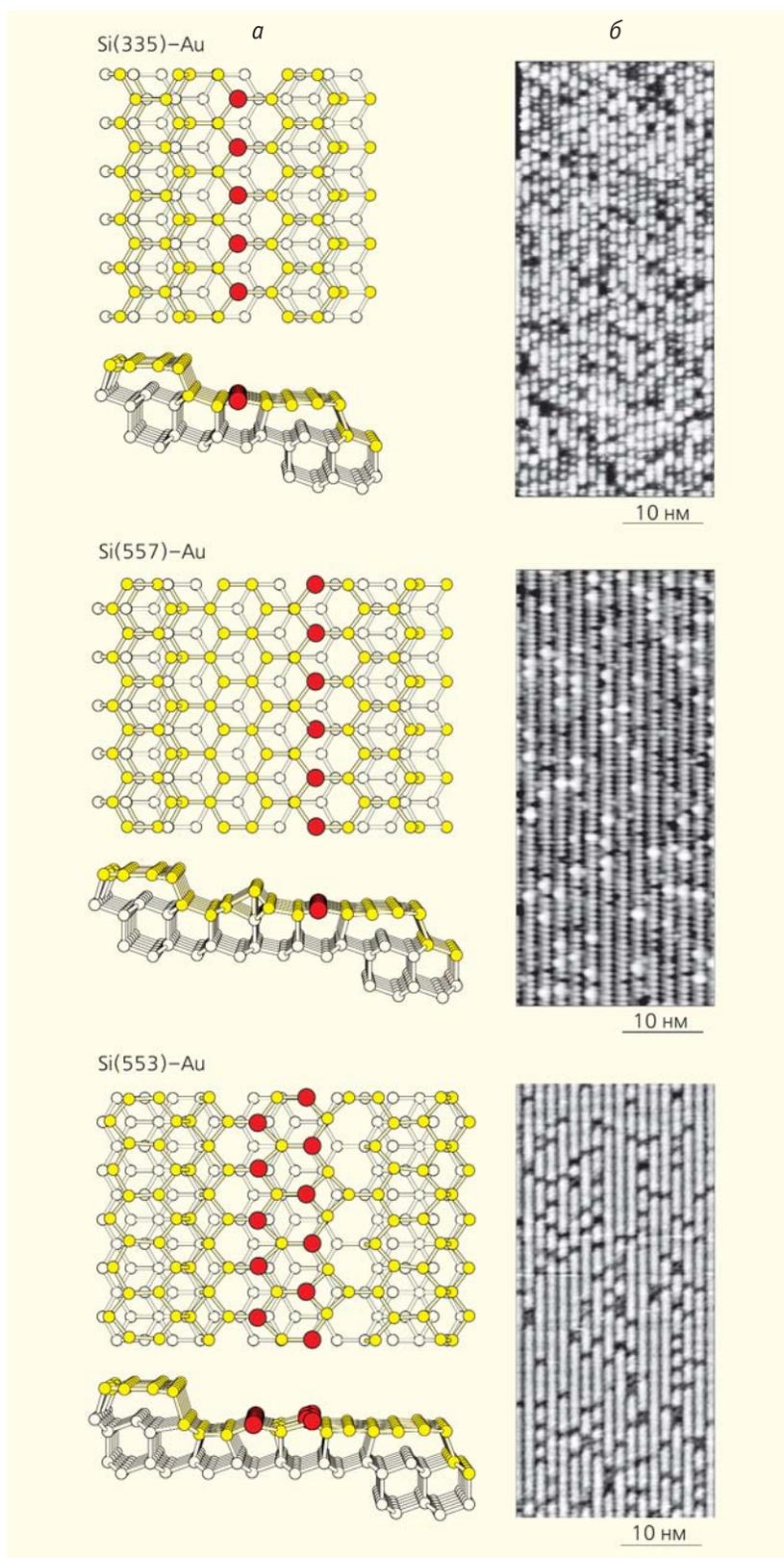


Рис.2. Атомное строение (вид сверху и сбоку, *a*) и СТМ-изображения (*b*) атомных цепочек Au на ступенчатых высокоиндексных поверхностях Si(335), Si(557) и Si(553). Атомы золота показаны красными кружками, атомы кремния верхнего слоя — желтыми, атомы кремния более глубоких слоев — белыми [3].

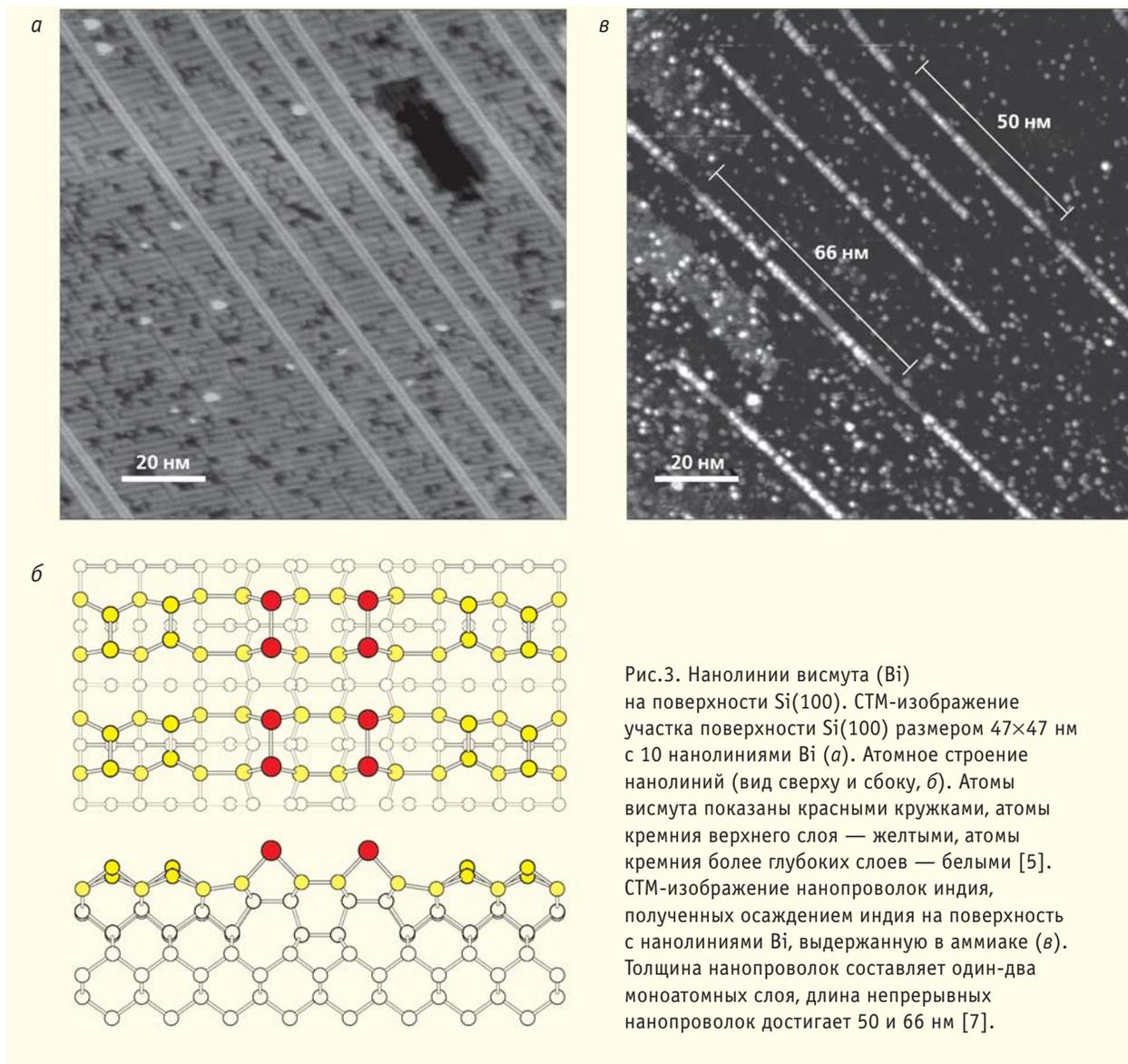


Рис.3. Нанопроволоки висмута (Bi) на поверхности Si(100). СТМ-изображение участка поверхности Si(100) размером 47×47 нм с 10 нанопроволоками Bi (а). Атомное строение нанопроволок (вид сверху и сбоку, б). Атомы висмута показаны красными кружками, атомы кремния верхнего слоя — желтыми, атомы кремния более глубоких слоев — белыми [5]. СТМ-изображение нанопроволок индия, полученных осаждением индия на поверхность с нанопроволоками Bi, выдержанную в аммиаке (в). Толщина нанопроволок составляет один-два моноатомных слоя, длина непрерывных нанопроволок достигает 50 и 66 нм [7].

пользовать нанопроволоки Bi в качестве затравки для формирования нанопроволок из других металлов. При этом осуществлялась следующая многоступенчатая процедура. Сначала поверхность Si(100) с нанопроволоками Bi выдерживалась в атмосфере атомарного водорода или аммиака (NH₃). В результате этой обработки вся свободная поверхность кремния пассивируется слоем водорода или радикалами NH₂, тогда как сами нанопроволоки остаются нетронутыми. (Как оказалось, в отличие от чистого кремния они с водородом и аммиаком не реаги-

руют.) Далее проводилось осаждение металла, который в отличие от водорода и аммиака преимущественно адсорбируется именно на нанопроволоках, в результате чего нанопроволоки декорируются металлом (подобно тому, как нить, опущенная в пресыщенный раствор, декорируется кристалликами соли). В качестве примера на рис.3,в показан результат осаждения индия (In) [7]. Недостатки этих нанопроволок — ограниченная длина и неоднородность по толщине. Трудно что-либо сказать об их электрических характеристиках, так как их ни-

кто еще не измерял. Собственно даже сам вопрос, являются ли эти нанопроволоки металлическими, остается открытым. Кроме In были попытки использовать и другие металлы (Ag, Au, Pt), однако для них результат был еще менее удачным: они хоть и собирались на нанопроволоках, но образовывали лишь отдельные капли. Подводя промежуточный итог, приходится признать, что сформировать на поверхности кремния *металлические проводящие* нанопроволоки с сечением *атомного масштаба* до сих пор еще никому не удалось.

Шаг назад и два вперед

Посмотрим теперь, как обстоят дела с более «массивными» нанопроволоками, размеры которых в сечении составляют единицы и десятки нм. В этой области наибольшее число исследований было посвящено самоорганизации нанопроволок из монокристаллических силицидов. Явление было впервые обнаружено для силицида диспрозия DySi_2 , а затем и ряда других редкоземельных и переходных металлов (например, Er, Ho, Sm, Gd, Co, Ni) [8]. Рост нанопроволок обусловлен анизотропией несоответствия кристаллических решеток силицида и кремния. Напомним, анизотропия означает, что свойства системы различны в разных направлениях. Подложка кремния и силицид имеют разные кристаллические решетки, но в одном направлении их периоды практически совпадают (несоответствие менее 1.0%), а в направлении, ему перпендикулярно, они различаются значительно (несоответствие достигает 10.0%). Островок силицида, образующийся в результате химического взаимодействия осаждаемых атомов металла с атомами кремния поверхности образца, легко и быстро растет в длину (в том направлении, где периоды решеток совпадают) и трудно в ширину (где периоды различны), что и приводит к образованию узких и длинных островков — нанопроволок (рис.4). В зависимости от типа силицида и условий приготовления такие нанопроволоки имеют ширину и толщину от единиц до десятков нанометров и длину до нескольких микрометров; проводимость их носит металлический характер. Электрические измерения показали, что в самых лучших случаях (как правило, для достаточно «толстых» нанопроволок с размерами сечения в десятки нанометров) удельное сопротивление нанопроволок близко к значениям для соответствующих объемных силицидов (напри-

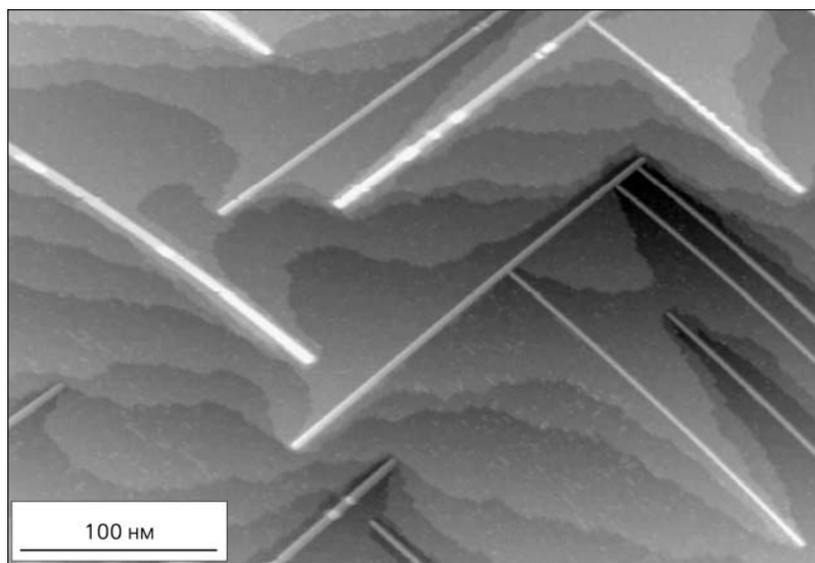


Рис.4. СТМ-изображение нанопроволок силицида гольмия (HoSi_2) на ступенчатой поверхности $\text{Si}(100)$ [8].

мер, 30 мкОм·см для нанопроволок из CoSi_2 шириной 60 нм, толщиной 40 нм и длиной 5 мкм [9]). Чаще же их удельное сопротивление во много раз больше (например, 270 мкОм·см для нанопроволок из ErSi_2 размерами 2.1 нм × 0.7 нм × 5 мкм [10] или даже 800 мкОм·см для нанопроволок из NiSi_2 размерами 14—22 нм × 6 нм × 0.8 мкм [11]). Иными словами, хотя силицидные нанопроволоки и металлические, но их проводящие свойства не слишком хороши: у них слишком высокое удельное сопротивление. Для сравнения, удельное сопротивление объемной меди составляет 1.7 мкОм·см. Поэтому для изготовления обычных проводов и используют медь, а не силициды.

Представляется очевидным, что и для нанопроволок медь тоже более подходящий материал, чем силициды. Но как заставить атомы меди на поверхности кремния самоорганизоваться в нанопроволоки? Решение пришло, когда мы исследовали рост пленок Cu на поверхности $\text{Si}(111)$ [12]. В этой работе был получен ряд интересных результатов, один из которых имеет непосредственное отношение к обсуждаемой теме. Если

образец $\text{Si}(111)$ нагреть до 550°C и осадить на него медь, на его поверхности образуется монокристаллический слой силицида Cu_2Si , который часто называют фазой $\text{Si}(111) \sqrt{5 \times 5} \text{-Cu}$ (а также $5.55 \times 5.55 \text{-Cu}$, или квази- $5 \times 5 \text{-Cu}$). Последние названия обусловлены тем, что из-за несоответствия решеток силицида и подложки в слое развивается квазипериодическая структура в виде шестиугольных сот, средний размер которых равен примерно 5.5 периодам решетки идеальной поверхности $\text{Si}(111)$. СТМ-изображение с атомным разрешением от этой поверхности показано на вставке на рис.5,б. У этой поверхности есть важное свойство: если на нее осадить при комнатной температуре атомы меди, то они свободно мигрируют по поверхности, но «прилипают» к атомным ступеням на ней. (Напомним, что на атомарном уровне поверхность любого кристалла состоит из террас и атомных ступеней. Ширина террас тем больше, чем точнее выдержана кристаллографическая плоскость поверхности образца.) Накапливаясь на ступенях, атомы Cu создают медные островки, которые, срастаясь друг с другом, и

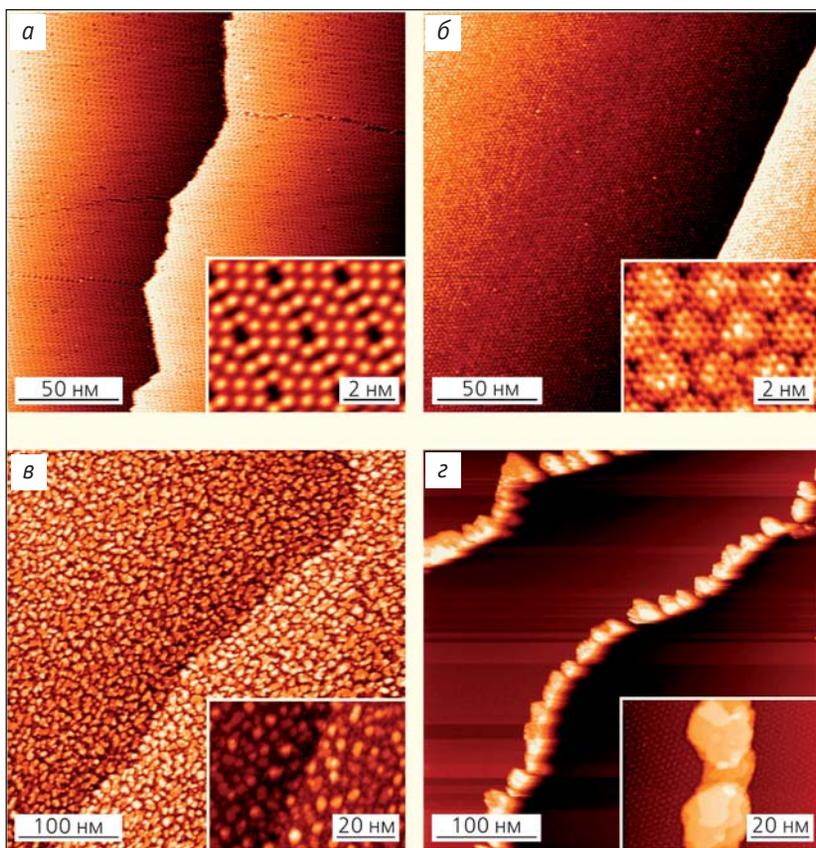


Рис.5. Результат осаждения меди на атомарно-чистую поверхность Si(111)7×7 и поверхность монокристаллического силицида Cu₂Si (поверхностную фазу Si(111)“5×5”-Cu). Приведены СТМ-изображения поверхности образцов Si(111)7×7 (а) и Si(111)“5×5”-Cu (б) до осаждения меди и СТМ-изображения поверхности этих же образцов после осаждения на них меди при комнатной температуре (в, з). На поверхности Si(111)7×7 выросли бесформенные островки (в), на поверхности Si(111)“5×5”-Cu нанопроволоки (з). На вставках показаны СТМ-изображения соответствующей поверхности при большем увеличении.

образуют нанопроволоки вдоль ступеней, как это проиллюстрировано на рис.5,з.

Итак, способ формирования нанопроволок из меди разработан, но насколько хороши эти нанопроволоки с точки зрения электропроводности? Чтобы ответить на этот вопрос, мы провели эксперимент [13], суть и результаты которого проиллюстрированы на рис.6 и 7. Из стандартной кремниевой шайбы Si(111), используемой в электронной промышленности, были вырезаны прямоугольные пластины с размерами 15×5×0.45 мм. Угол отклонения поверхности пластин от идеаль-

ной кристаллографической плоскости (111) составлял ~0.1°, т.е. средняя ширина террас была ~100 нм при высоте атомной ступени 0.314 нм. В условиях сверхвысокого вакуума образцы очищали прогревом при 1250°C до образования структуры Si(111)7×7, которая служит критерием получения атомарно чистой поверхности (рис.5,а). Для электрических измерений мы использовали четырехзондовый метод. Четыре острых зонда-электрода из тонкой вольфрамовой проволоки прижимали к образцу с помощью миниатюрных пружин, причем точки прижима располагались в

вершинах квадрата со стороной 0.6 мм. Для измерения сопротивления образца R через два соседних зонда пропускали ток I , а на двух других зондах измеряли падение напряжения ΔV : $R = \Delta V/I$, как это схематически показано на вставке рис.7. Измерительную головку с зондами можно было поворачивать на нужный угол, что позволяло измерять проводимость в разных направлениях. Проводимость образца после получения чистой поверхности Si(111)7×7 была одинаковой во всех направлениях (изотропной) и составляла ~12 мкС. Когда на этой поверхности наращивали монокристаллический слой Cu₂Si, проводимость увеличивалась примерно вдвое, но также оставалась изотропной. Анизотропия проводимости появлялась только тогда, когда происходил рост нанопроволок меди вдоль атомных ступеней. Так, после осаждения ~15 монослоев Cu проводимость вдоль нанопроволок стала примерно в пять раз выше, чем поперек (см. рис.7). Заметим, что на настоящий момент это рекордное значение анизотропии проводимости для массива нанопроволок (например, для атомных цепочек металлов на высокоиндексных поверхностях значения анизотропии проводимости лежат в пределах 1.5–3.0). Формирование нанопроволок также значительно увеличивает и абсолютную проводимость образца: она возрастает примерно в тысячу раз. С учетом геометрических размеров нанопроволок (их ширина лежит в диапазоне 20–80 нм, а высота 1–3 нм) это означает, что их удельное сопротивление равно ~8 мкОм·см, и это тоже рекордное для нанопроволок значение (напомним, что для силицидных нанопроволок оно составляло десятки и даже сотни мкОм·см).

Залог успеха

Хочется отметить, что успех методики связан с рядом благоприятных обстоятельств. Во-

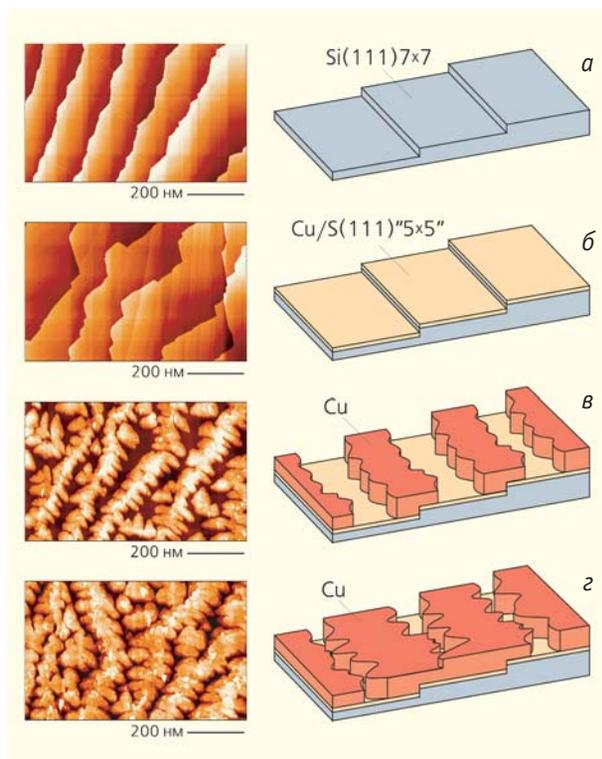


Рис.6. СТМ-изображения поверхности образца и схематические иллюстрации ее структуры (справа) на различных стадиях формирования массива нанопроволок меди в эксперименте по определению его электрических свойств. Сначала была приготовлена атомарно-чистая поверхность $\text{Si}(111)7 \times 7$ (а), на которой была выращена поверхностная фаза $\text{Si}(111)5 \times 5\text{-Cu}$ (б). После осаждения на нее 15 монослоев меди при комнатной температуре на поверхности сформировался массив нанопроволок (в). При увеличении покрытия меди до 25 монослоев происходит срастание соседних нанопроволок (г) [13].

первых, удалось найти подходящую поверхность: моноатомный слой силицида Cu_2Si не дает осаждаемым на него атомам Cu вступать в реакцию с атомами подложки Si , и они могут свободно мигрировать по поверхности, пока не «прилипнут» к ступени. Например, если медь осаждать прямо на атомарно-чистую поверхность $\text{Si}(111)7 \times 7$, атомы Cu реагируют с подложкой и никаких нанопроволок не образуется, как видно на рис.5,в. Удачным оказалось и то, что хотя слой силицида Cu_2Si металлический (а это показали и температурные измерения проводимости, и сканирующая

туннельная спектроскопия), но его проводимость по сравнению с нанопроволоками в тысячу раз меньше и короткого замыкания между нанопроволоками не происходит. Во-вторых, были найдены подходящие температуры роста: они оказались близкими к комнатной температуре. Если температура ниже, островки меди растут по всей поверхности, а не только вдоль ступеней. Если же температура выше, слой силицида разрушается и по всей поверхности также растут островки, но уже силицида меди. В-третьих, было установлено, какое оптимальное количество меди на-

до осадить (10–20 моноатомных слоев). При меньших количествах непрерывные нанопроволоки еще не формируются, а при больших количествах соседние нанопроволоки срастаются друг с другом (рис.6,г), и анизотропия проводимости пропадает (рис.7).

В дополнение отметим два преимущества этой методики, которые могут оказаться важными для ее перспективных применений. Во-первых, тогда как для большинства методов, использующих механизмы самоорганизации, максимальная длина нанопроволок обычно не превышает нескольких микрометров,

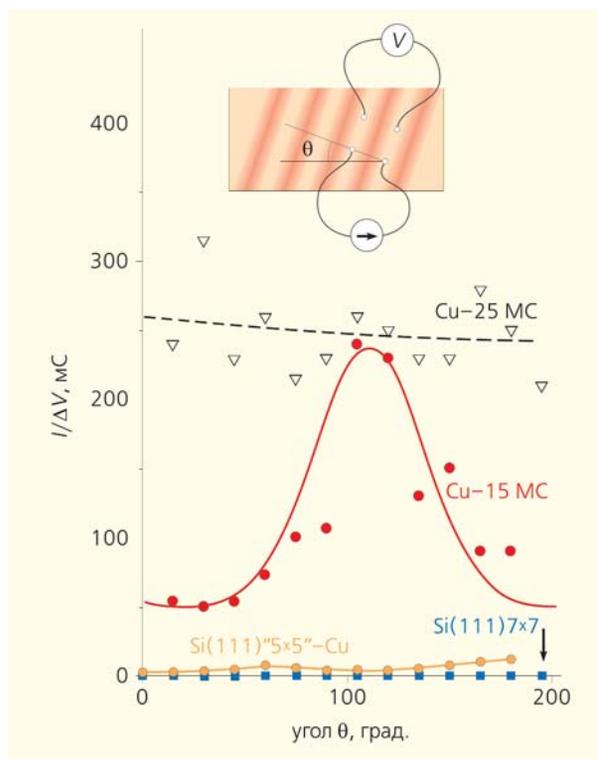


Рис.7. Анизотропия проводимости образца, измеренная с помощью четырехзондового метода на разных стадиях, показанных на рис.6. Эти стадии включают атомарно-чистую поверхность $\text{Si}(111)7 \times 7$ (результаты измерения показаны синими квадратами), поверхностную фазу $\text{Si}(111)5 \times 5\text{-Cu}$ (желтые кружки), массив нанопроволок после осаждения 15 монослоев меди (красные кружки) и сросшуюся пленку меди после осаждения 25 монослоев (белые треугольники). На вставке сверху проиллюстрирована схема электрических измерений с помощью четырехзондового метода [13].

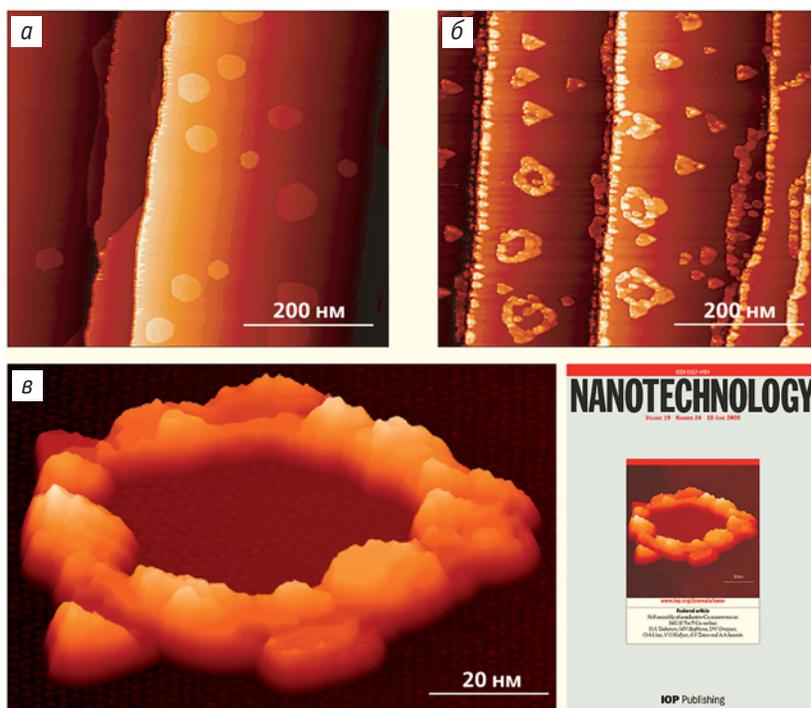


Рис.8. Нанокольца меди, выращенные на поверхности Si(111)“5×5”-Cu с помощью следующей методики: сначала на поверхности были сформированы плоские островки моноатомной толщины (фактически, это замкнутые атомные ступени) (а), затем на эту поверхность при комнатной температуре осадили медь, которая, «прилипнув» к краям островков, образовала нанокольца (б); квазитрехмерное СТМ-изображение нанокольца меди шириной 15 нм, высотой 1.5 нм и диаметром 60 нм (в) было размещено на обложке журнала «Nanotechnology» [13].

в нашем случае длина нанопроволок определяется только длиной ступеней, т.е. они могут простираться практически на всю длину образца. Во-вторых,

используя поверхности с различным рельефом ступеней, можно сформировать не только прямые нанопроволоки, но и более замысловатые конструк-

ции на их основе. В качестве примера на рис.8 показаны выращенные нами «нанокольца» (шириной 15 нм, высотой 1.5 нм и диаметром 60 нм). Для того чтобы их вырастить, мы сначала сформировали на поверхности двумерные островки моноатомной толщины, а уж потом провели осаждение меди, которая и «прилипла» по периметру этих островков. Мировое научное сообщество с интересом отнеслось к этим результатам: британский журнал «Nanotechnology» поместил изображение нанокольца на обложку с анонсом нашей статьи как наиболее важной публикации номера.

Но точку в работе еще ставить рано: скорее это только начало. Несмотря на явный успех методики, приходится признать, что форма нанопроволок еще далека от идеальной: они достаточно неоднородны по ширине и высоте. Этим обстоятельством, вероятно, и обусловлено то, что хотя их проводимость рекордно высокая для нанопроволок, она все-таки еще в пять раз меньше, чем у объемной меди. Мы надеемся, что, оптимизировав методику, сможем получать массивы более прямых и однородных проволок с еще большей анизотропией проводимости, и такие исследования мы в настоящее время уже ведем. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 07-02-00650-а.

Литература

1. *Зотов А.В., Саранин А.А.* Магические кластеры и другие атомные конструкции: Самоорганизация упорядоченных наноструктур на поверхности кремния // Природа. 2006. №4. С.11–18.
2. *Саранин А.А., Зотов А.В.* // Российские нанотехнологии. 2007. Т.2. №5–6. С.28–43.
3. *Crain J.N., McChesney J.L., Zheng F. et al.* // Phys. Rev. B. 2004. V.69. P.125401(1–10).
4. *Okino H., Hobara R., Matsuda I. et al.* // Phys. Rev. B. 2004. V.70. P.113404(1–4).
5. *Owen J.H.G., Miki K., Bowler D.R.* // J. of Material Science. 2006. V.41. P.4568–4603.
6. *Belosludov R.V., Farajian A.A., Mizuseki H. et al.* // Phys. Rev. B. 2007. V.75. P.113411(1–4).
7. *Owen J.H.G., Miki K.* // Nanotechnology. 2006. V.17. P.430–433.
8. *Nogami J., Liu B.Z., Katkov M.V. et al.* // Phys. Rev. B. 2002. V.63. P.233305(1–4).
9. *Okino H., Matsuda I., Hobara R. et al.* // Appl. Phys. Lett. 2005. V.86. P.233108(1–3).
10. *Kubo O., Shingaya Y., Nakaya M. et al.* // Appl. Phys. Lett. 2006. V.88. P.254101(1–3).
11. *Lin J.F., Bird J.P., He Z. et al.* // Appl. Phys. Lett. 2004. V.85. P.281–283.
12. *Zotov A.V., Gruznev D.V., Utas O.A. et al.* // Surface Science. 2008. V.6002. P.391–398.
13. *Tsukanov D.A., Ryzbkova M.V., Gruznev D.V. et al.* // Nanotechnology. 2008. V.19. P.245608(1–5).

Спутниковые методы в исследовании Атлантического океана

А.А.Клювиткин, В.И.Буренков, С.В.Шеберстов

Современные методы изучения и мониторинга океана сейчас уже невозможно представить без спутниковых наблюдений. До недавнего времени проводились главным образом спутниковые измерения температуры поверхности океана. В последние годы все более широко используются спутниковые измерения цвета океана, обеспечивающие большой объем полезной информации. В настоящее время на космических орбитах уже работают и будут запущены в ближайшие годы новые спутниковые датчики цвета океана, разработанные в разных странах.

Наши работы посвящены обработке и анализу таких данных для изучения водной взвеси и сопоставлению их с натурными определениями.

Водная взвесь — микро- и наночастицы рассеянного осадочного материала, которые находятся во взвешенном состоянии в многокилометровой водной толще океанов. Они представляют собой связующее звено между веществом, поступающим с суши и поверхности океана, и донными осадками. Из взвеси, в конечном счете, формируются донные осадки и осадочные породы. Основным продуцент взвеси в открытом океане — фитопланктон, главным показателем жизнедея-



Алексей Андреевич Клювиткин, научный сотрудник лаборатории физико-геологических исследований Института океанологии им.П.П.Ширшова РАН, занимается процессами современного осадконакопления в океане.



Владимир Иванович Буренков, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории оптики океана того же института. Область научных интересов — оптические характеристики морской воды, дистанционные исследования океана.



Сергей Валентинович Шеберстов, старший научный сотрудник той же лаборатории. Специалист в области спутниковой океанологии.

© Клювиткин А.А., Буренков В.И., Шеберстов С.В., 2009

тельности которого служит хлорофилл.

Поверхностный слой океана — это зона мобилизации биогенного осадочного материала, где за счет фотосинтеза продуцируется органическое вещество, развиваются бактерии, планктонные организмы, а также организмы-фильтраторы зоопланктона. Сюда поступает терригенный, вулканогенный и антропогенный материал. Около 80–90% океанического осадочного вещества образуется в верхнем деятельном слое. Именно отсюда начинается поток осадочного вещества сквозь толщу воды на дно.

К 2000 г. в лаборатории оптики океана Института океанологии разработали упрощенный алгоритм определения коэффициента обратного рассеяния света взвесью b_{bp} (particle backscattering coefficient) [1]. На примере Баренцева моря установлено, что значения b_{bp} очень близко соотносятся с валовыми кон-

центрациями взвеси, полученными *in situ* на экспериментальных подспутниковых станциях. В результате проведенных исследований было выведено соответствующее эмпирическое соотношение, которое использовалось для создания первых спутниковых карт распределения водной взвеси в Баренцевом море. Подобные работы в дальнейшем проводились и в других морях: Белом, Черном, Каспийском.

Однако использованный алгоритм относится к сканеру цвета SeaWiFS. В то же время наши исследования основаны на снимках, полученных с помощью сканера цвета MODIS-Aqua, выведенного на орбиту Земли в 2002 г. Для сопоставления данных со спутников с различающимися спектральными диапазонами вводились специальные поправки [2]. В многочисленных экспедициях в Атлантический океан на научно-исследовательских судах Института океанологии РАН (11-й рейс «Академик

Иоффе»; 17-й, 19-й и 20-й рейсы «Академик Сергей Вавилов» — октябрь—декабрь 2002—2004 гг. и март—апрель 2005 г.) отбирались пробы взвеси. Для каждой точки отбора с помощью поисковой системы Ocean Color Web активно использовалась информация сканеров цвета SeaWiFS и AquaMODIS о распределении взвеси и хлорофилла в океане [3]. Если для расчета содержания хлорофилла алгоритмы уже созданы и активно применяются, то алгоритм расчета содержания взвеси находится пока в стадии разработки. Мы исследовали зависимость между коэффициентом обратного рассеяния света взвесью (b_{bp}) и концентрацией взвеси в поверхностных водах (определенными нами ультрафильтрацией).

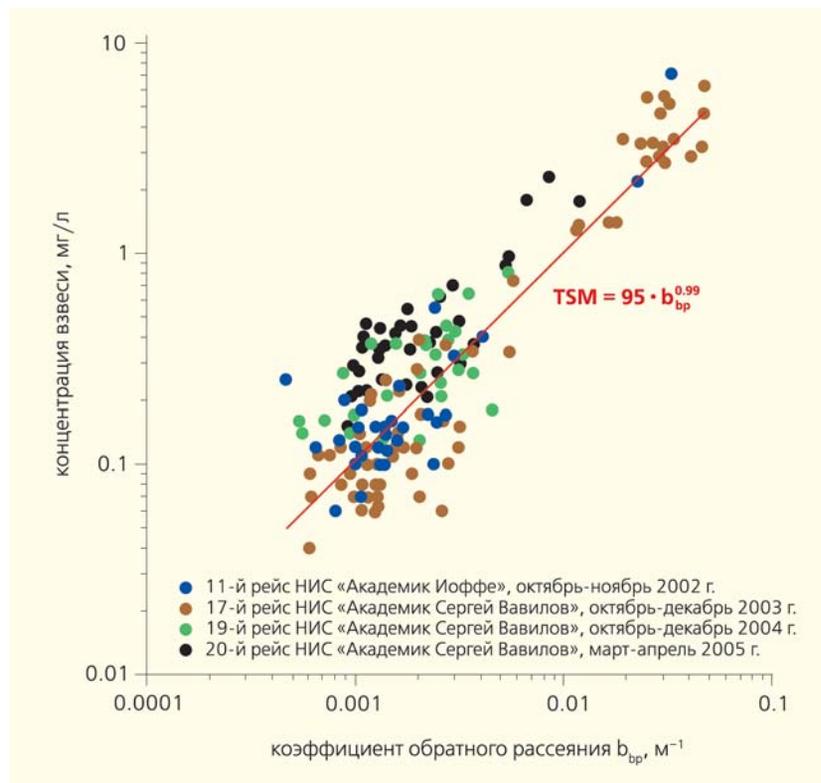
В результате сопоставления полученных пар анализов: определение по спутнику—прямое определение концентрации водной взвеси в поверхностном слое, было выведено соотношение, которое по мере накопления и обработки массива данных уточнялось и в итоге приобрело вид:

$$TSM = 95 \cdot b_{bp}^{0.99},$$

где TSM (total suspended matter) — валовая концентрация взвеси.

Несмотря на относительно широкий разброс данных при низких концентрациях, корреляция между исследуемыми величинами все же существует и является более чем значимой, достигая 0.92 для 169 пар определений.

В качестве вероятной причины возникновения погрешности стоит выделить усредняющее влияние спутника. Максимальное разрешение сканера цвета не превышает квадрата 1×1 км. А за счет влияния облачности, угла наклона земной поверхности относительно спутника и др. приходилось пользоваться осреднением на гораздо большие площади: 4×4 км и 9×9 км [4]. Помимо горизонтального осреднения, на конечный результат влияет еще и вертикальное. Сканер



Соотношение между концентрацией водной взвеси и коэффициентом обратного рассеяния света взвесью. TSM — валовая концентрация взвеси.

цвета получает изображение, осредненное на несколько десятков метров в глубь океана (в зависимости от прозрачности воды). В то же время проба воды отбирается практически точно с самой поверхности океана (горизонт 0 м), что при значительной пятнистости в распределении взвеси в горизонтальной плоскости и при вертикальных суточных и сезонных миграциях фитопланктона может вызывать разброс сопоставляемых величин.

Тем не менее при рассмотрении таких больших акваторий, как Атлантический океан, подобное осреднение представляется вполне удовлетворительным.

На основании полученных данных с помощью программы Ocean Data View [5] были построены карты распределения хлорофилла и концентраций взвеси в поверхностном слое Атлантического океана.

Такие карты позволяют более детально оценить распределение взвешенного осадочного вещества, а также охватить те районы Атлантики, где не проводи-

лись экспедиционные исследования, и более четко отследить сезонную изменчивость.

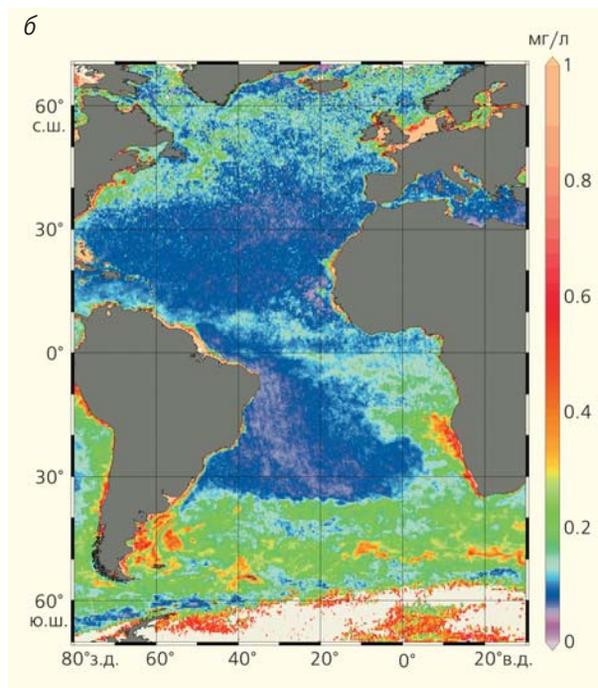
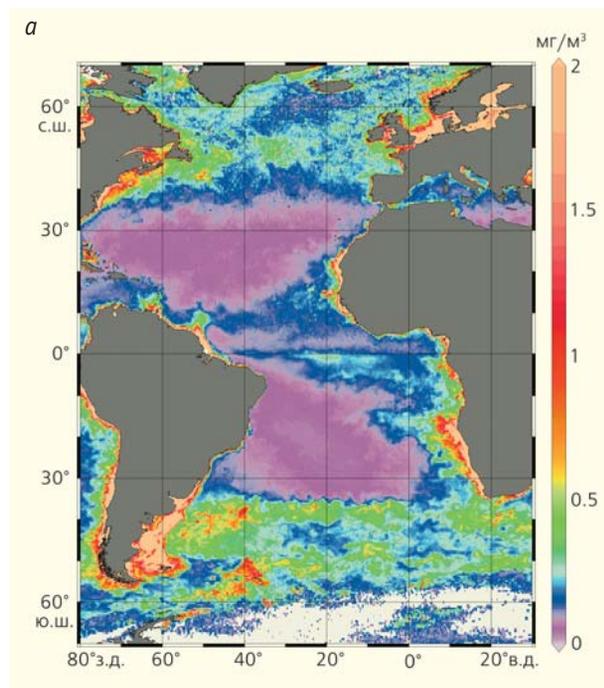
Прежде всего, наиболее наглядно отображается широтная климатическая зональность, выражающаяся в чередовании полюсов максимальных и минимальных значений концентрации взвеси и содержания хлорофилла. В октябре—ноябре северней 45° с.ш. и южней 35° ю.ш. резко возрастают концентрации взвеси практически по всей ширине океана. В марте—апреле эти градиентные зоны смещаются к югу на $5-10^{\circ}$ и занимают соответственно сороковые параллели северного и южного полушарий. Районы максимальных концентраций совпадают с богатыми жизнью эвтрофными и мезотрофными водами северного и южного гумидных поясов и попадают в различные биогеохимические провинции, относящиеся к домену западных ветров и частично к полярному [6].

В южном гумидном поясе бросается в глаза его широтная неоднородность. В полях распределения взвеси, построенных

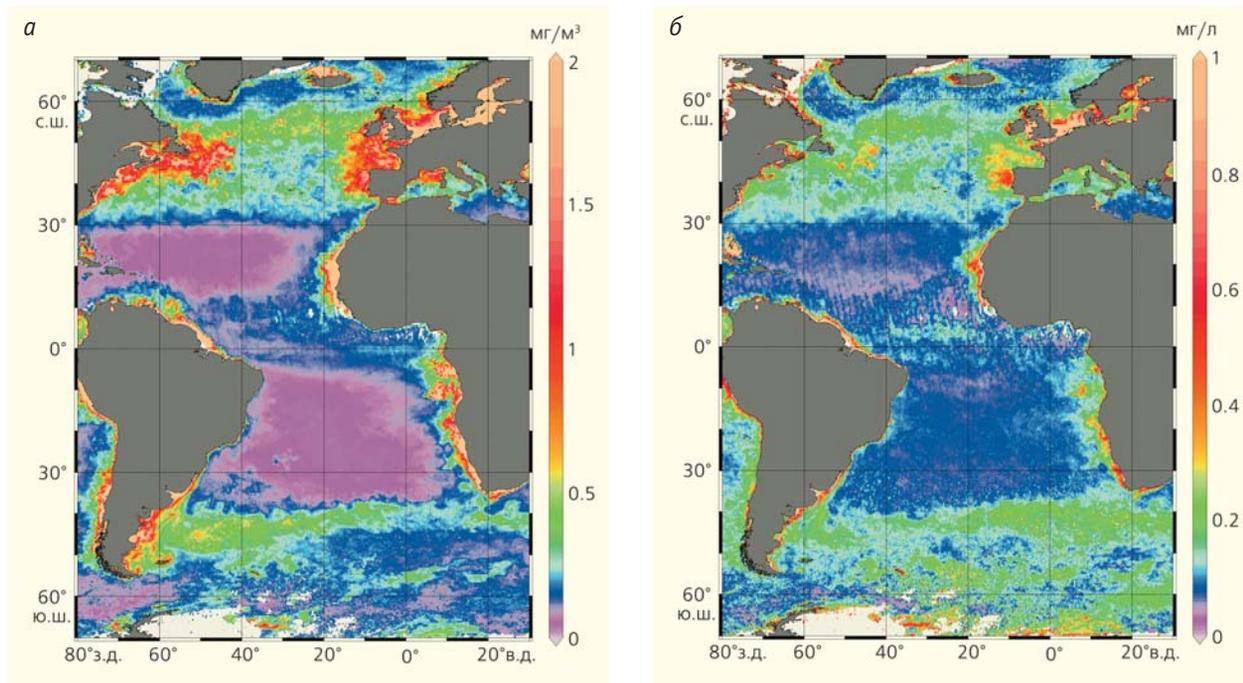
на основании только прямых измерений, это было не столь заметно. Становится наглядным и оправданным разделение южного гумидного пояса на различные биогеохимические провинции. Северная полоса максимальных концентраций взвеси и хлорофилла ($40^{\circ} \pm 5^{\circ}$ ю.ш.) относится к Южной субтропической конвергенции и формируется, по-видимому, под влиянием Субантарктического фронта. Южная же полоса ($50-55^{\circ}$ ю.ш.) связывается с Субантарктической провинцией и формируется под влиянием Южного полярного фронта.

Субширотное расслоение северного гумидного умеренного пояса не столь очевидно.

В октябре 2003 г. наблюдалось резкое увеличение содержания хлорофилла и взвеси в северной гумидной зоне. Ничего подобного в 2002 и 2004 гг. не отмечалось. В ноябре же различия уже незаметны. Вероятно, подобный максимум объясняется межгодовыми флуктуациями сроков и интенсивности осеннего цветения фитопланктона.



Распределение (а) хлорофилла ($\text{мг}/\text{м}^3$) и (б) концентрации взвеси ($\text{мг}/\text{л}$) в Атлантическом океане. Осреднение за период с 14 октября по 1 декабря 2004 г.



Распределение (а) хлорофилла ($\text{мг}/\text{м}^3$) и (б) концентрации взвеси ($\text{мг}/\text{л}$) в Атлантическом океане. Осреднение за период с 22 марта по 22 апреля 2005 г.

Октябрь 2003 г. вообще оказался интересным месяцем. Чего стоит одна только поверхностная «линза» амазонских вод, оторвавшаяся от материка и достигшая практически центра океана! Зафиксированные в ней концентрации хлорофилла уникально высоки для данного района океана. По взвеси также прослеживается увеличение концентраций, однако уже не столь резкое, а более «размытое».

Наименее насыщены взвесью воды аридной зоны Атлантики, которые называют тропическими «пустынями» океана. Минимумы приходятся на Северо-Атлантический и Южно-Атлантический тропические круговороты. Причем экстремальные концентрации для гумидных и аридных зон находятся в противофазе, по крайней мере для марта—апреля и октября—ноября (для переходных сезонов). Иными словами, в то время как в гумидной умеренной зоне северного полушария в марте—апреле наблюдаются наибольшие концентрации взвеси, в аридной зоне северного полушария кон-

центрация взвеси минимальна и в 1.5–2 раза меньше, чем в аридной зоне южного полушария.

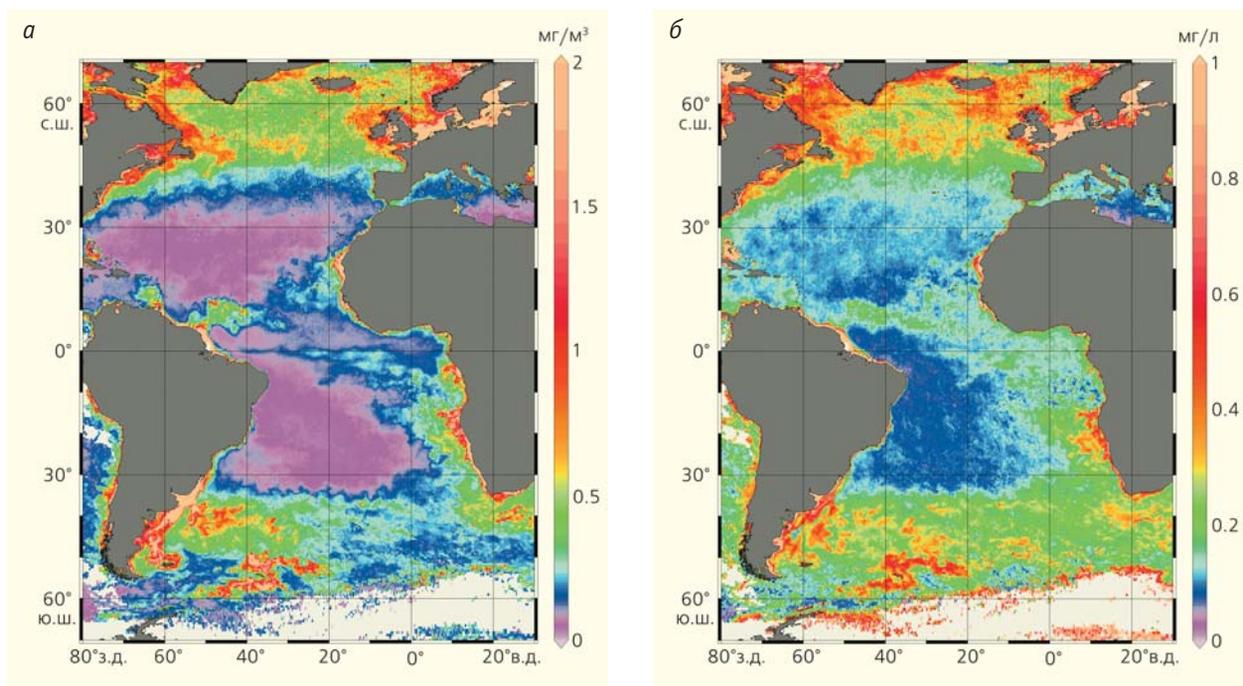
Однако и в тропических «пустынях» океана есть свои «оазисы». Это Канарский и Бенгельский апвеллинги. Апвеллинги, как следует из самого слова (англ. up — вверх и well — хлынуть), представляют собой зону подъема вод из глубины водоема к поверхности. Апвеллинг вызывается расхождением морских течений, а у берегов — стоком в сторону моря теплой прибрежной воды, на место которой поступает холодная вода с больших глубин. Глубинные воды содержат большое количество питательных веществ, способствующих развитию фитопланктона. И, как следствие, — максимум хлорофилла и водной взвеси в поверхностных водах.

Интересно, что оба прибрежных апвеллинга Атлантического океана расположены практически симметрично относительно экватора. Поэтому жизненные циклы морских организмов — обитателей их акваторий — находятся в противофазе, что от-

ражается в диаметрально противоположном сезонном распределении концентраций как хлорофилла, так и общей взвеси. Максимумы концентраций приходятся на весенне-летние месяцы. В наших картах это октябрь—ноябрь для Бенгельского апвеллинга и март—апрель для Канарского.

Наибольшие концентрации хлорофилла и взвеси экваториального гумидного пояса океана отмечаются в апвеллингах открытого океана — северной и южной тропических дивергенциях (зонах расхождения поверхностных водных масс) и стимулируются поставкой биогенных элементов при подъеме богатых питательными веществами глубинных вод [6–8].

Между зонами дивергенций выделяется полоса относительно невысоких концентраций, связанная, по-видимому, с северной тропической конвергенцией. В марте—апреле этот локальный минимум концентраций сдвигается на 5° к югу, а градиент размывается и становится менее очевидным.



Распределение (а) хлорофилла ($\text{мг}/\text{м}^3$) и (б) концентрации взвеси ($\text{мг}/\text{л}$) в Атлантическом океане. Осреднение за период с 1 октября по 1 ноября 2003 г.

Дистанционное зондирование поверхности океана позволяет получить более полную картину пространственного распределения водной взвеси в Атлантическом океане в целом. На основании опорных меридиональных разрезов и спутниковых данных, верифицированных в экспедициях, мы можем распространить имеющуюся у нас информацию на весь океан — в течение всего года или для определенных сезонов. Иными словами, для поверхностного распре-

деления взвешенного осадочного материала и хлорофилла в Атлантике мы можем превратить одномерную картину одиночных разрезов в трехмерную (широта—долгота—время).

Первый опыт сопоставления различных регионов, климатических зон и природных областей, охватывающих не отдельные регионы, а океан в целом, говорит о необходимости дальнейших работ по верификации спутниковых данных, дополнению существующих баз данных,

разработке региональных алгоритмов расчета не только для отдельных морей, но и в конечном счете для всего океана в целом.

Следующим шагом в развитии наших работ в Атлантическом океане должна стать обработка имеющихся и вновь полученных данных, причем не только на время проведения экспедиций, но и на круглый год, что позволит отследить сезонную и межгодовую динамику взвеси и фитопланктона. ■

Литература

1. Буренков В.И., Ершова С.В., Копелевич О.В. и др. // *Океанология*. 2001. Т.41. №5. С.653—659.
2. Burenkov V.I., Klyuvitkin A.A., Sheberstov S.V. Suspended Matter Concentration in Surface Layers of the Atlantic Ocean Derived from Data of Ocean Color Scanner MODIS // IV International Conference «Current Problems in Optics of Natural Waters» (ONW'2007). Nizhny Novgorod, Russia, September 11—15, 2007a. Proceedings. P.154—156.
3. SeaWiFS Project, NASA/Goddard Space Flight Center and ORBIMAGE (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>).
4. Burenkov V.I., Kopelevich O.V., Sheberstov S.V. et al. The June Maxima of the Particle Backscatter in the Black Sea: Results of Three Years Satellite and Field Studies // IV International Conference «Current problems in optics of natural waters» (ONW'2007). Nizhny Novgorod, Russia, September 11—15, 2007b. Proceedings. P.157—160.
5. Schlitzer R. Ocean Data View (<http://odv.awi.de>, 2008).
6. Longhurst A.R. // *Prog. Oceanog.* 1995. V.36. P.77—167.
7. Бурков В.А. Общая циркуляция Мирового океана. Л., 1980.
8. Sathyendranath S., Longhurst A., Caverbill C.M., Platt T. Regionally and Seasonally Differentiated Primary Production in the North Atlantic // *Deep-Sea Research I*. 1995. V.42. №.10. P.1773—1802.

Социальное развитие России на карте мира

Н.Н.Клюев

Жизнь народа каждой страны многомерна, она не описывается даже тысячей параметров, и все важны. Наиболее информативный, ключевой показатель социального развития страны — индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП), его еще называют человеческим капиталом. Индекс характеризует уровень материального благосостояния (душевой валовой внутренний продукт — ВВП), ожидаемую продолжительность предстоящей жизни при рождении, образовательный уровень.

На основе статистической информации, содержащейся в Докладе о развитии человека за 2005 г. [1], попытаемся выявить место России на карте социального благополучия в мировой социальной «табели о рангах». В условиях разразившегося в 2008 г. мирового финансового кризиса некоторые показатели докризисного 2005 г. кажутся устаревшими. Это касается, например, прежнего лидерства по индексу развития Исландии, оказавшейся ныне на грани дефолта, и относительных экономических успехов, повышения уровня жизни в России в «позитивные нулевые годы». Между тем интересна и докризисная иерархия стран по выбранным критериям. Кроме того, пока нет оснований считать, что в целом эта глобальная социальная иерархия существенно трансформируется.



Николай Николаевич Клюев, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник Института географии РАН. Специалист в области социально-экономической географии, охраны окружающей среды, природопользования.

В 2005 г. наивысший ИРЧП зафиксирован в Исландии и Норвегии. Россия стоит на 67-м месте в мире (табл.1). «Составляющие» российского ИРЧП далеко не равнозначны. На мировом фоне среднестатистический российский человек отличается высокой образованностью, средним уровнем материального достатка и крайне невысокой продолжительностью жизни.

По уровню образования Россия занимает достойное 28-е место, между Белоруссией и Германией (рис.1).

Величина российского ВВП, рассчитанного по паритету покупательной способности (ППС), в 2005 г. составляла 1552 млрд долл. США (2.56% от мира в целом). Российская экономика была десятой по величине после США, Китая, Японии, Индии, Германии, Великобритании, Франции, Италии и Бразилии. Любопытно, что еще в 1992 г. Россия по ВВП стояла на 6-м месте, опе-

режая Великобританию, Францию, Италию и Бразилию [2].

Душевой ВВП (2005) в России немного превышает среднемировой — 58-е место, рядом с ЮАР, Малайзией, Мексикой и Ливией (рис.2). В большинстве стран наивысшее значение душевого ВВП в период 1975—2005 гг. приходится, естественно, на последний, 2005 г. Но в некоторых странах максимальный экономический результат был достигнут ранее, что объясняется, например, благоприятной ценовой конъюнктурой для нефтедобывающих стран. С этим связан, в частности, пик экономического процветания в Кувейте в 1979 г. и Объединенных Арабских Эмиратах в 1981 г. Российский максимум ВВП приходится на позднесоветский 1989 г. (полезно вспомнить, что мировые цены на нефть тогда были невысоки). За 17 лет (1989—2005) наш душевой ВВП (по паритету покупа-

Таблица 1
ИРЧП и его элементы в некоторых странах мира, 2005 г.

Место	Страна	I	Место	Страна	II
1	Исландия	968	1	Австралия	993
2	Норвегия	968	2	Ирландия	993
3	Австралия	962	3	Финляндия	993
4	Канада	961	4	Дания	993
5	Ирландия	959	5	Новая Зеландия	993
...
65	Маврикий	804	26	Барбадос	956
66	Босния и Герцеговина	803	27	Белоруссия	956
67	РОССИЯ	802	28	РОССИЯ	956
68	Албания	801	29	Германия	953
69	Македония	801	30	Куба	952
...
173	Мали	380	174	Гвинея	347
174	Нигер	374	175	Чад	296
175	Гвинея-Бисау	374	176	Мали	282
176	Буркина-Фасо	370	177	Нигер	267
177	Сьерра-Леоне	336	178	Буркина-Фасо	255

Место	Страна	III	Место	Страна	IV
1	Люксембург	60228	1	Япония	82.3
2	США	41890	2	Гонконг	81.9
3	Норвегия	41420	3	Исландия	81.5
4	Ирландия	38505	4	Швейцария	81.3
5	Исландия	36510	5	Австралия	80.9
...
56	ЮАР	11110	117	Киргизия	65.6
57	Малайзия	10882	118	Гайана	65.2
58	РОССИЯ	10845	119	РОССИЯ	65
59	Мексика	10751	120	Сан-Томе и Принсипи	64.9
60	Ливия	10335	121	Боливия	64.7
...
174	Нигер	781	173	Сьерра-Леоне	41.8
175	Танзания	744	174	Ангола	41.7
176	Демократическая Республика Конго	714	175	Свазиленд	40.9
177	Бурунди	699	176	Зимбабве	40.9
178	Малави	667	177	Замбия	40.5

I — индекс развития человеческого потенциала; II — индекс уровня образования; III — душевой ВВП по ППС, долл.; IV — ожидаемая продолжительность жизни, лет.

тельной способности) сократился на 10%. Среднегодовые темпы его роста (в данном случае, соответственно — падения) составили минус 0.7%. В этот же период мировая экономика росла на 1.4% в год. Такие мощные экономики, как США, Германия, Италия, развивались умеренно — средний темп роста ВВП 2%. Их заметно опережали, например, Ирландия (4.5%), Вьетнам (5.2%), Ботсвана (5.9%) и, разумеется, Китай (8.4%). Впрочем, российский показатель ежегодного падения валового продукта отнюдь не самый худший. В Тад-

жикистане, например, он составил -4.0% в год, в Конго -5.2%, в Туркменистане -6.8%.

Сократившийся за годы перестройки и реформ ВВП России распределяется весьма неравномерно. Доходы 10% богатейших наших жителей в 12.7 раз превосходят доходы беднейших 10%. Неравенство по доходам намного меньше в Германии, Швеции, Норвегии, где соответствующий коэффициент составляет 6.1 — 6.9 раз, и Японии (4.5 раза). Впрочем, североамериканский уровень неравенства (США — 15.9 раз) к нам все же ближе, чем

латиноамериканский (Колумбия — 63.8 раза, Парагвай — 65.4 раза) и африканский (Намбия — 128.8 раза) уровни.

Гораздо ближе к отсталому — в социальной сфере — миру наша страна находится по ожидаемой продолжительности жизни (119-е место). Особенно неблагоприятна ситуация со смертностью мужчин. Если в мире в целом вероятность дожить до 65 лет среди мужчин составляет 63.1% (максимум в Исландии — 88.7%), то в России — лишь 42.1%. Это — уровень Чада, Эфиопии, Папуа — Новой Гвинеи (рис.3).

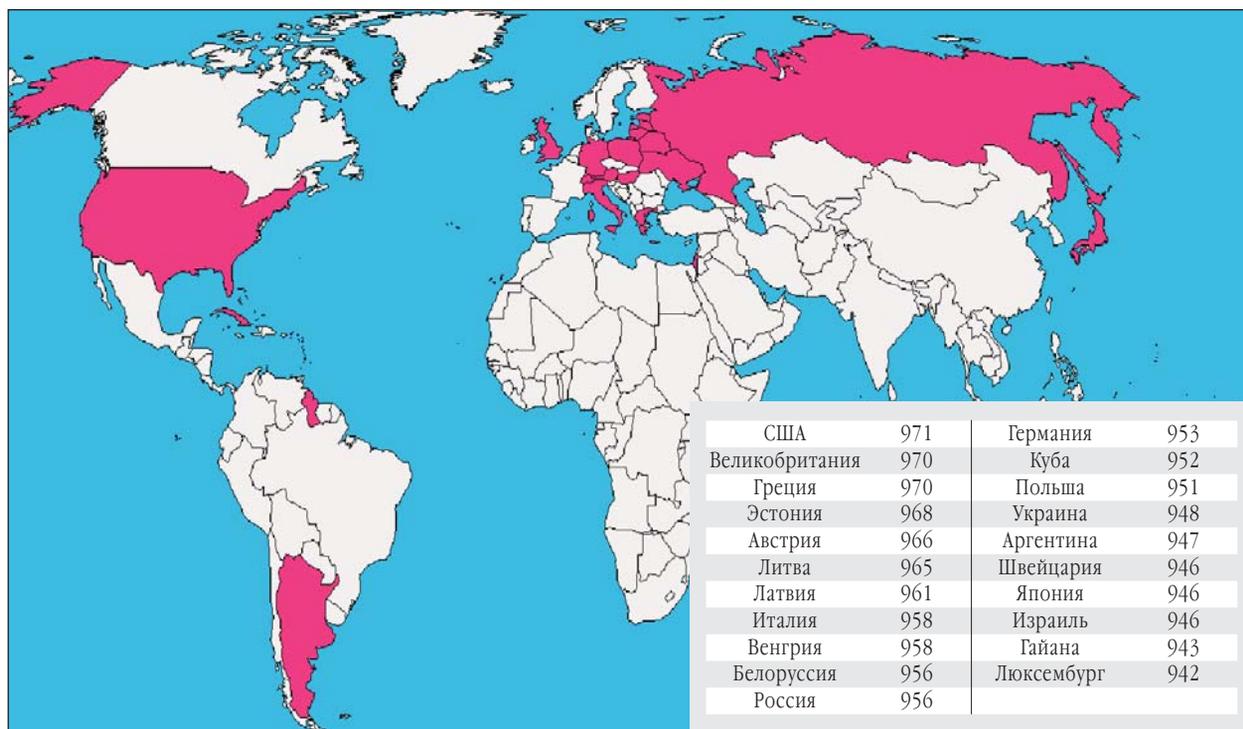


Рис.1. Двадцать стран-аналогов России по индексу уровня образования, 2005 г.

Еще более неблагоприятны современные изменения ожидаемой продолжительности жизни в нашей стране. Если в 1970—1975 гг. она составляла 69 лет, в 1986—1987 гг. возросла до 70.1 года [3], то в 2000—2005 гг. упала до 64.8 года. Кривая продолжительности жизни пошла вниз в начале 1990-х годов, и трудно не связать этот поворот с развернувшимися в этот период крупномасштабными социальными экспериментами.

Степень витальности (жизнеспособности) российского общества была резко подорвана наступившей нищетой масс и затяжным стрессовым состоянием, связанным с лишением людей привычных ориентиров, кардинальной ломкой всех ценностей, зависанием в неопределенности при неясном векторе общественного развития и отсутствием четкой (или хотя бы нечеткой) доктрины социальных перемен.

За 1970—2005 гг. ожидаемая продолжительность жизни в мире выросла на 8.3 года. Лидером оказался Вьетнам (плюс 23.4 го-

да). Правда, эта страна стартовала в 1970 г. с весьма низкого уровня в 50.3 года. Но и бывшая на тот период на самом высоком месте в мире Швеция (74.7 лет) прибавила 5.4 года — до 80.1 года. По темпам роста продолжительности жизни за указанный период Россия на 168-м (!) месте в мире (табл.2). Лишь в пяти странах динамика еще хуже — в Лесото, Ботсване, Свазиленде, Замбии и Зимбабве. Замечу, что в этой пятёрке не только высокий уровень нищеты (в Лесото, например, 36.4% населения живет менее чем на 1 долл. в день, в Зимбабве — 56.1%), но и высокий уровень распространения ВИЧ (Лесото — 23.2%, Ботсвана — 24.1%, Свазиленд — 33.4%). У российской динамики смертности — явно «африканское лицо», хотя ни столь вопиющей нищеты, ни эпидемии ВИЧ у нас не наблюдается.

По уровню младенческой смертности Россия занимает 60-е место — не самое плохое для наших медико-демографических показателей (ситуация

с заболеваемостью туберкулезом, например, значительно хуже — 111-е место), но и здесь динамика негативная. В 1970 г. Россия отставала по младенческой смертности (29 на 1000 живорожденных) от лидера — Швеции (11), но находилась на уровне Италии (30) и опережала Португалию (53), Корею (43), Кубу (34). К 2005 г. в названных странах младенческая смертность сократилась до 4—6, а в России — лишь до 14 (рис.4). В современном мире это уровень Шри-Ланки, Вьетнама, Колумбии.

Не лучшим образом Россия выглядит в мире и по такому мало престижному показателю, как распространение курения. По доле курящих мужчин (60%) наша страна уступает в мире лишь Монголии (68%), Китаю (67%), Казахстану (65%) и Армении (62%) (среди 95-и стран, по которым имеются данные). Распространение курения среди российских женщин составляет 16%, до мировых лидеров (здесь: аутсайдеров) далеко: Нидерланд-

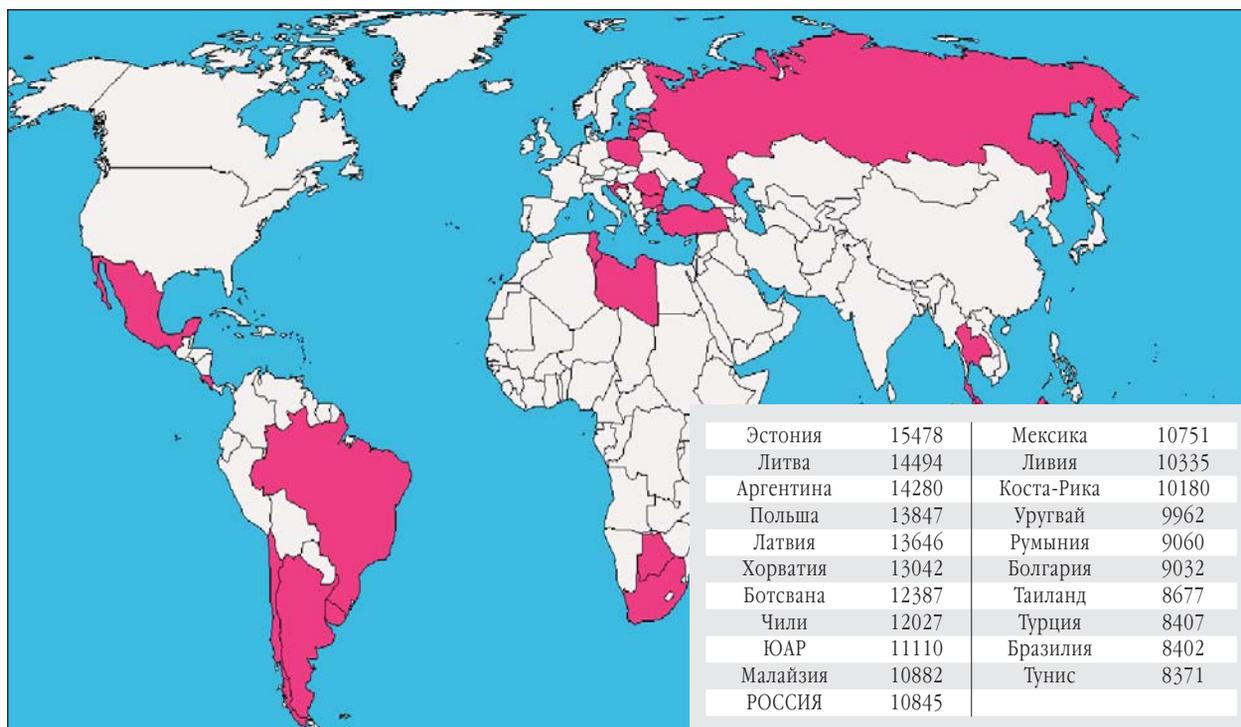


Рис.2. Двадцать стран-аналогов России по душевому ВВП (по ППС), 2005 г., долл.

ды, Германия, Венгрия (по 28%), Чили — 37%. Однако в Китае курит лишь 4% женщин, в Казахстане — 9%, в Армении — 2%. В итоге, по удельному весу курящих среди всего населения Рос-

сия сохраняет непочетное «лидерство» наряду с Монголией и Албанией. Высокая распространенность курения закладывает основы будущей деградации человеческого капитала.

Вследствие прежде всего сокращения ожидаемой продолжительности жизни российский индекс развития человеческого потенциала за 1990—2005 гг. уменьшился, в то время как у по-

Таблица 2

Изменения ИРЧП и ожидаемой продолжительности жизни в некоторых странах мира

Место	Страна	I	Место	Страна	II
1	Китай	0.143	1	Вьетнам	23.4
2	Экваториальная Гвинея	0.137	2	Оман	22.9
3	Египет	0.133	3	Бутан	22.9
4	Бангладеш	0.125	4	Йемен	21.7
5	Лаос	0.123	5	Ливия	20.6
...
124	Конго	-0.011	164	Намибия	-2.3
125	Демократическая Республика Конго	-0.012	165	Украина	-2.4
126	РОССИЯ	-0.013	166	Кот-д'Ивуар	-2.4
127	ЦАР	-0.014	167	Белоруссия	-2.8
128	Кот-д'Ивуар	-0.018	168	ЮАР	-2.9
...	169	РОССИЯ	-4
134	Замбия	-0.043	170	Лесото	-7.2
135	Лесото	-0.056	171	Ботсвана	-7.9
136	ЮАР	-0.057	172	Свазиленд	-8.7
137	Свазиленд	-0.086	173	Замбия	-9.6
138	Зимбабве	-0.141	174	Зимбабве	-14.7

I — изменение индекса развития человеческого потенциала за 1990—2005 гг.; II — изменение ожидаемой продолжительности жизни за 1970—2005 гг., лет.

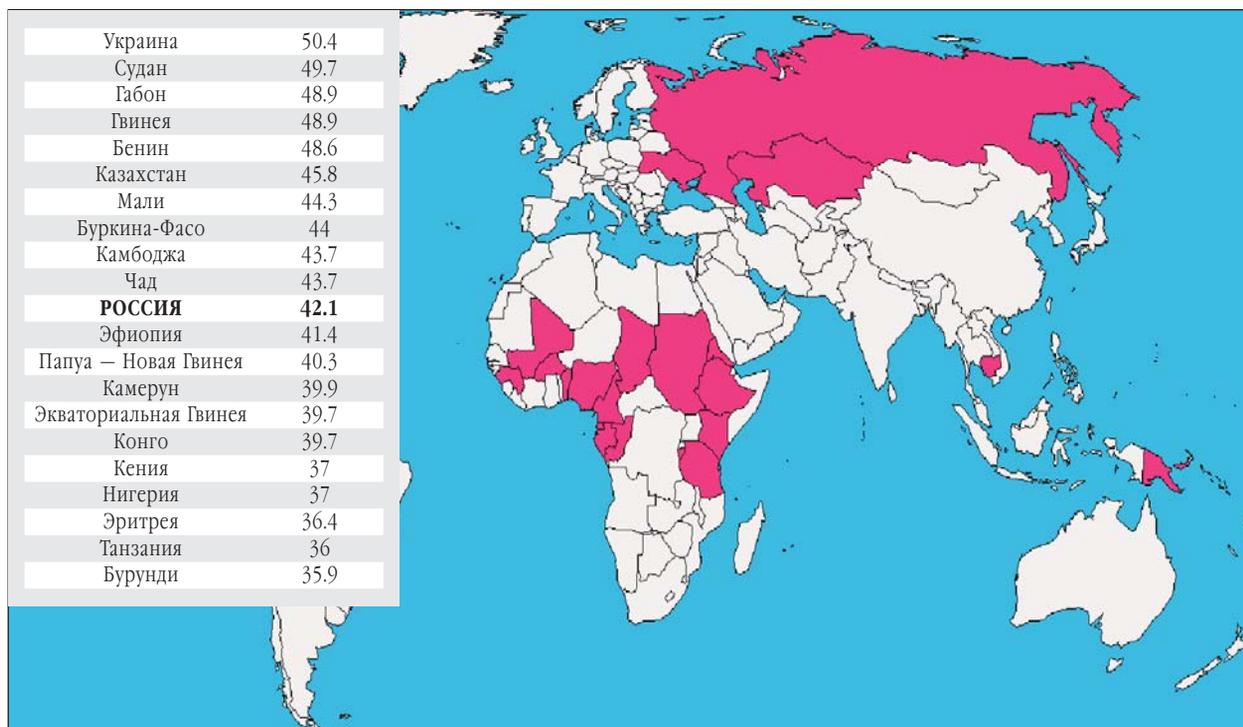


Рис.3. Двадцать стран-аналогов России по вероятности дожития мужчин до 65 лет, 2005 г., %.

давляющего большинства стран он возрос. Из рис.5 видны страны, с которыми по динамике ИРЧП Россию можно объединить в одну группу — это Конго, Центрально-Африканская республика, Кот д'Ивуар и т.п. Получается, что по темпам социального развития (вернее, неразвития и даже деградации) на рубеже веков Россия попадает в мировое захолустье.

Степень социального неблагополучия в России отражает наше «лидерство» по числу преднамеренных убийств на 100 тыс. чел. Из 125 стран, по которым есть данные, мы на 118-м месте в мире. По уровню убийств наша страна аналогична Эквадору, Никарагуа, Гватемале. В большинстве европейских стран совершается от одного до трех убийств на 100 тыс. жителей,

в США их вдвое больше — 5.6. Жители России истребляют друг друга намного активнее — 19.9 убийства (2005).

Уровень преступности в России чрезвычайно высок на мировом фоне. По количеству заключенных, содержащихся в тюрьмах (611 заключенных на 100 тыс. чел.), Россию в 2007 г. опережали лишь Руанда (691) и США (738). Конечно, ввиду различий в юридических системах разных стран подобные данные не в полной мере сопоставимы. Однако в общих чертах «население тюрем» (так не совсем удачно переведен на русский язык этот показатель в Докладе [1]) отражает криминальную обстановку. В мире имеется 169 стран, где она лучше, чем в России.

На рис.6 показано соотношение элементов индекса развития человеческого потенциала по некоторым странам мира, сильно различающееся по конфигурации. Эти конфигурации выявляют синдромы социального (не)благополучия стран на мировом фоне. Так, можно видеть,

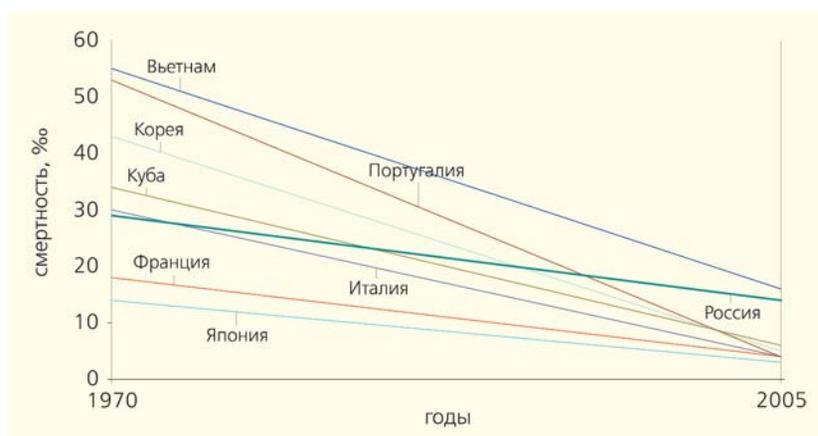


Рис.4. Младенческая смертность в некоторых странах мира в 1970 и 2005 гг. (на 1000 чел.).

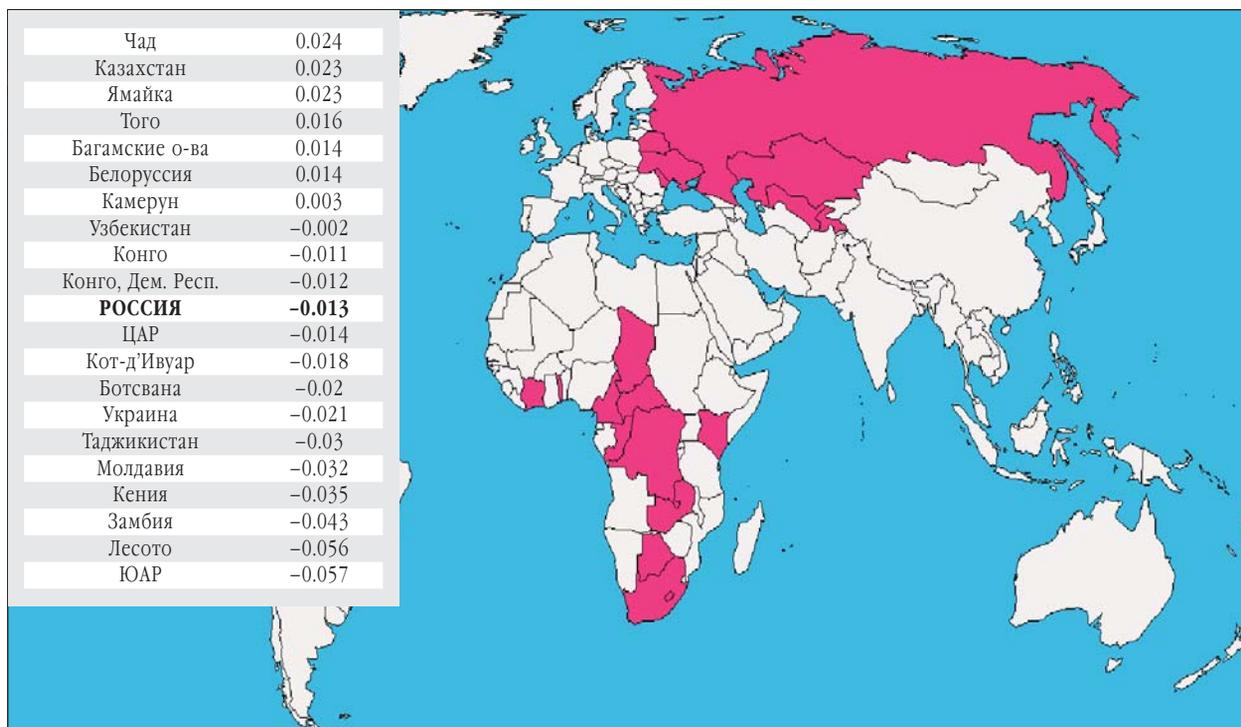


Рис.5. Двадцать стран-аналогов России по изменению ИРЧП за 1990—2005 гг.

что кубинский потенциал, который можно выразить формулой: «образование (уровень образования) > жизнь (ожидаемая продолжительность жизни) > доходы (душевой ВВП)», имеет низкий показатель доходов. Действительно, эта страна характеризуется сопоставимыми с США уровнями образования и продолжительности жизни, но сильно уступает им по душевому продукту. Еще более заметна аналогичная диспропорция в Таджикистане.

Конфигурация индекса развития Ботсваны (доходы > образование > жизнь) перекошена в сторону низкой продолжительности жизни, а Нигера (жизнь > доходы > образование) — невысокого образовательного уровня.

Жителей России (образование > доходы > жизнь), как уже отмечалось, можно охарактеризовать как высокообразованных, среднеобеспеченных, мало живущих.

Наиболее сбалансирован японский индекс развития че-

ловеческого потенциала. Обнаружилась ожидаемая закономерность: чем выше ИРЧП, тем более сбалансированы его элементы. Коэффициент корреляции между индексом и коэффициентом вариации его элементов каждой страны равен минус 0.65. Получается, что в целом благополучные страны, как и благополучные семьи, счастливы одинаково, а каждая не-

благополучная страна несчастлива по-своему.

Краткое сопоставление стран на основе информации, содержащейся в Докладе, показывает, что в России весьма неблагоприятное состояние социальной сферы, а по некоторым параметрам (продолжительность жизни, преступность, убийства) — крайне неблагоприятное. Данные, приведенные на рис.7,

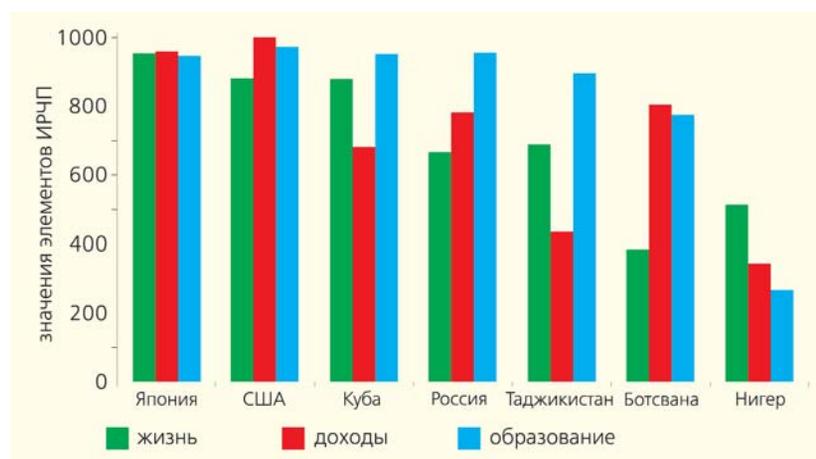


Рис.6. Элементы ИРЧП по некоторым странам мира.

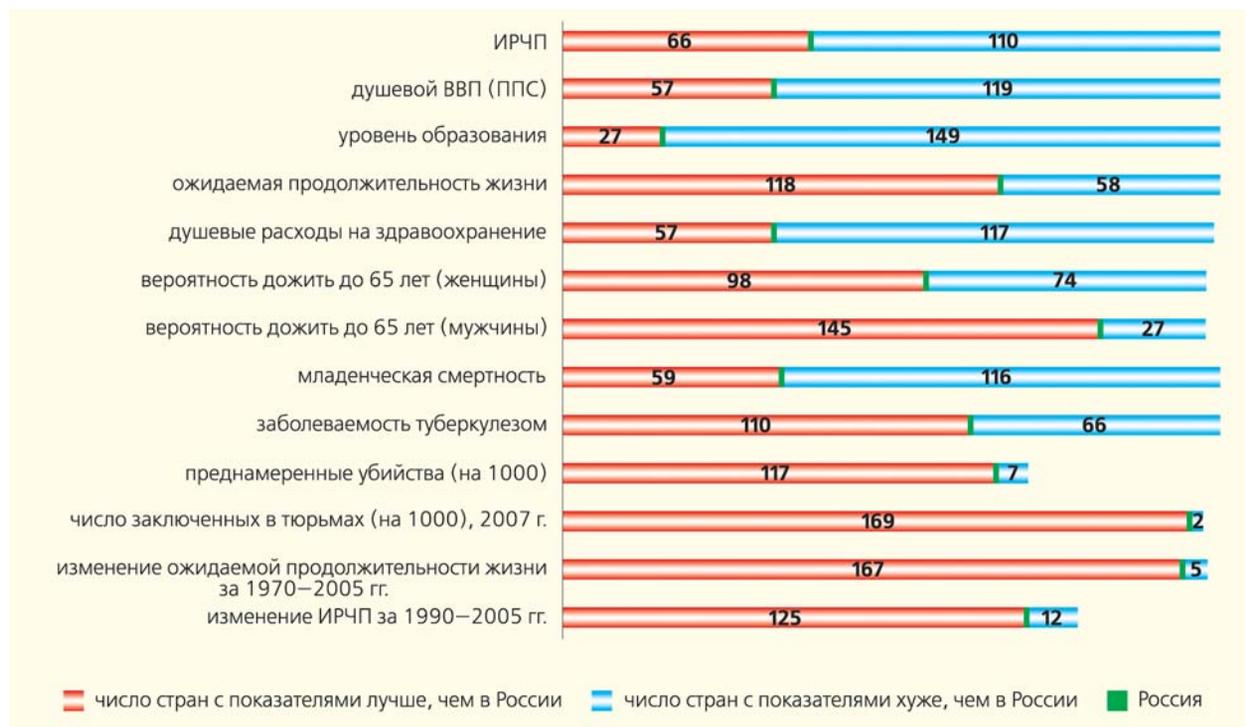


Рис.7. Место России среди стран мира по ряду социальных показателей, 2005 г. (с учетом тех стран, данные по которым приведены в Докладе [1]).

позволяют прийти к выводу, что в нашей стране существует грубо капиталистический тип общества, явно антисоциального характера. Относительные экономические успехи России сопровождаются деградацией социальных характеристик, а вернее — в основе этих успехов лежит деградация человеческого капитала.

В частности, примером может служить «псевдоинтенсификация» отечественного аграрного сектора. Прирост производства в пореформенном сельском хозяйстве достигается не за счет повышения технического уровня (применения производительных машин, удобрений, новых технологий и т.п.), а за счет усиления эксплуатации земельных ресурсов, «проедания» почвенного плодородия, а также ужесточения эксплуатации труда, прежде всего труда доиндустриальной эпохи — мускульной силы человека в личных подсобных хозяйствах населения, ставших ныне основными кормильцами страны [4].

При систематическом уклонении российского государства от выполнения социальных функций наше бедное население выживает за счет чрезмерной эксплуатации биологических ресурсов — почвенного плодородия, браконьерства, незаконных рубок леса, замозаготовок дров, самозахвата земель и т.п. Как справедливо замечает известный географ А.А.Тишков, «устойчивая, исторически сложившаяся зависимость нищего населения от природных ресурсов нашей страны и есть тот скрытый механизм выживания» [5]. В результате происходит подрыв экологического потенциала страны. Кстати, на другом социальном полюсе — богатое меньшинство нашего общества выживает (хотя, по-видимому, здесь правильнее сказать — «процветает») за счет эксплуатации ресурсов литосферы, тоже чрезмерной, подчас хищнической эксплуатации.

Хотя из-за спада производства, так и не восстановившегося к 2009 г. до советского уровня,

нагрузка на природу в целом сократилась, по удельным показателям (водоемкости, выходу отходов на единицу продукции) наше хозяйство осталось на позднесоветском уровне, который был заметно хуже лучших мировых образцов, т.е. наша отсталость в природоохранной области усилилась. Произошла экологическая деградация промышленной структуры страны. В ней сильно увеличилась доля «агрессивных» отраслей — энергетики, топливной промышленности, черной и цветной металлургии и химической индустрии (с 30% в 1990 г. до 57% в 2004 г.). За счет стремительной автомобилизации страны выросло «давление» на городские ландшафты. Растущую угрозу создают увеличивающийся износ основных фондов, дряхлеющая инфраструктура, чреватые техногенными авариями. Заметно деградировала и природоохранная деятельность. Наблюдается устойчивая тенденция роста экологической преступности.

Процессы деградации человеческого и экологического потенциалов в нашей стране находятся в противофазе с современными мировыми тенденциями. В формирующемся постиндустриальном, информационном обществе «социальные, культурные, экологические продукты заменяют материальные блага в качестве сердцевины производства» [6]. Если в сфере недвижимости, как образно говорят специалисты, на эффективность проекта влияют три фактора: место, место и ... место, то в индустрии информационных и инновационных технологий фактора тоже три — это кадры, кадры и еще раз кадры. Трудовые ресурсы, отвечающие вызовам современности, могут формироваться лишь в высококачественной социальной среде. Если прежде технологии преобразовывали внешнюю природу, то информационные технологии напрямую связаны с изменением самого человека. Положение страны в завтрашнем мире будет определяться качеством человеческого капитала, за который на глобализирующемся рынке XXI в. разворачивается острая битва за человеческий капитал, беспрецедентная интеллектуальная конкуренция.

Нынешний глобальный финансовый кризис наглядно показал иллюзорность надежд на то, что Россия сможет прожить лишь на экспорте своих природных ресурсов. Колебания мировой экспортной конъюнктуры вмиг ломают хрупкую надежду

на экономический ренессанс. Чтобы занять достойное и надежное место в мировой экономике, нужно развивать сложные, наукоемкие отрасли, научно-образовательный, инновационный комплекс. Но масштабные, значимые инновации невозможны без инвестиций в образование, здравоохранение, а также в экологическую сферу, определяющую качество окружающей человека природной среды.

Мировой опыт преодоления прежних кризисных ситуаций доказал значимость инвестиций в дорожное строительство в качестве сильного стимулятора для развития экономики. В новую эпоху нужно инвестировать непосредственно в человека — исходную инстанцию общественного богатства и прогресса, выстраивать современную социальную и экологическую инфраструктуру. Это задача первоочередной важности для судьбы современной России. Понятно, что эта задача не решается в одночасье. Трудно, однако, рассчитывать на ее решение, если изначально двигаться в противоположном направлении. А за последние два десятилетия наша страна далеко отодвинулась от той черты, за которой начинается экономика знаний.

За постсоветский период доля сервисного сектора в экономике нашей страны сильно выросла. При этом, естественно, сократилась роль материального производства, что обычно трактуется позитивно как «постиндустриальное развитие». Од-

нако наблюдается крайне неравномерное изменение отдельных отраслей в составе сервисного сектора. Анализ его изменения за 1990—2004 гг. показывает, что количество управленцев, финансистов и работников торговли увеличилось примерно вдвое, работников здравоохранения и культуры — на 9—11%, число работников образования несколько сократилось, а научных работников уменьшилось почти на 2/3. Налицо регрессивные подвижки в третичном секторе нашей экономики, сформировавшийся в нем «торгово-бюрократический флюс». Ясно, что такая динамика не соответствует задачам инновационного, информационного, экологически ориентированного развития страны («экологического», в частности, потому, что охрана окружающей среды — чрезвычайно наукоемкая сфера деятельности).

* * *

Анализ места России на мировой карте социального благополучия позволяет утверждать, что нация с «недоброкачественным» характером социальных процессов и деградирующей средой обитания не может претендовать на место в авангарде мировой экономики в современной модели развития, в центре которой стоит непосредственно человек. Российские национальные стратегические интересы требуют сосредоточиться на социально-экологических факторах развития страны. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 08-06-00348.

Литература

1. Доклад о развитии человека 2007/2008. Борьба с изменениями климата: человеческая солидарность в разделенном мире / Пер. с англ. М., 2007.
2. World Resources. 1996—1997. N.Y.; Oxford, 1996.
3. Российский статистический ежегодник. М., 1995.
4. Ключев Н.Н. // Известия РАН. Сер. геогр. 2004. №1. С.37—45.
5. Тишков А.А. Биосферные функции природных экосистем России. М., 2005.
6. Мироненко Н.С. Особенности пространственной структуры современного мирового хозяйства // Институциональная модернизация российской экономики: теоретический аспект. Ростов-на-Дону, 2004. С.53—68.

О притоке умов и утечке мозгов

С.В.Рязанцев

Речь пойдет об образовательной миграции, иначе говоря, перемещении людей из страны в страну на различные сроки с целью получить образование того или иного уровня. Образовательная миграция вовлекает в свой поток школьников, студентов, аспирантов, докторантов, стажеров, профессионалов, повышающих свою квалификацию в разных структурах и компаниях.

Это одна из наиболее желательных категорий мигрантов, поскольку, как правило, она включает молодых и инициативных людей, открытых и готовых к восприятию новых знаний и технологий.

В условиях глобализации масштабы перемещения людей с целью получить хорошее образование стабильно растут. Точных данных относительно численности на сегодня нет, но, по сведениям ЮНЕСКО, в 2005 г. в мире насчитывалось не менее 3 млн иностранных студентов. Согласно прогнозам, их количество к 2010 г. вырастет до 3,7 млн человек. Наиболее крупные принимающие страны — это США, Великобритания, Германия, Франция, Австралия, Япония, Канада и Испания.

Согласно данным ЮНЕСКО, в Швейцарии на иностранцев приходится около 16% общего количества студентов университетов — это максимальный показатель в мире. В числе лидеров также Австралия — 12,6%,



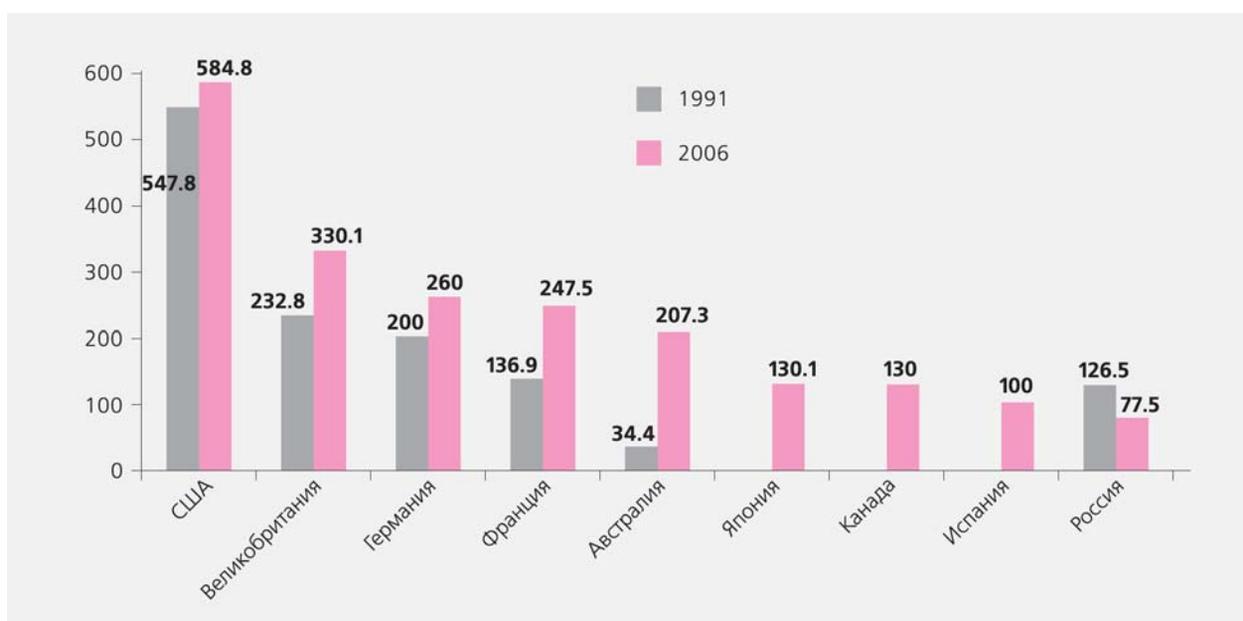
Сергей Васильевич Рязанцев, доктор экономических наук, профессор, руководитель Центра в Институте социально-политических исследований РАН. Область научных интересов — методологические проблемы социально-экономической географии.

Австрия — 11,5%, Великобритания — 10,8%, Германия — 8,2%, Франция — 7,6% и т.д. Россия с показателем около 2% располагается в конце второго — начале третьего десятка стран. Безусловно, это очень низкая позиция.

Китай

Сейчас более всего образовательных мигрантов посылает Китай. В целях подготовки высококлассных специалистов для скорейшего построения «информационного общества» проводится курс «поддержки обучения за рубежом, стимулирования возвращения на родину, свободы въезда и выезда». Отправка учащихся для учебы за границу — важная составная часть политики международного сотрудничества КНР. С 1978 г. более 700 тыс. человек были направлены в 108 стран для учебы

и научных исследований. Большая часть студентов — 93% — выезжает на обучение за рубеж за собственный счет, соответственно за счет государства — 7%. Правительство поддерживает и поощряет выезд на учебу за собственный счет. После окончания учебы возвратившиеся студенты обязаны пять лет поработать на свое государство. Положение о компенсации расходов на полученное ими высшее образование было отменено. Министерство образования КНР в 1999 г. опубликовало «Руководящие положения о посреднических услугах для выезжающих за рубеж за свой счет», а в 2002 г. создало Организацию по контролю за обучением за рубежом, что усилило мониторинг государства. На интернет-сайте этой организации, а также на сайте «Обучение за рубежом» Министерство образования КНР с 2003 г. помещает список некоторых лучших вузов 21 страны,



Страны, принимавшие учебных мигрантов в 1991 и 2006 гг., тыс. чел.

а также публикует в средствах массовой информации сообщения о наборе в зарубежные вузы.

По данным китайских источников, численность студентов в зарубежных вузах в 2004 г. составляла 343.1 тыс. человек (это около 0.3% от общей численности студентов в Китае). Россия в этом рейтинге занимает шестое место, уступая США, Японии, Великобритании, Австралии и Германии.

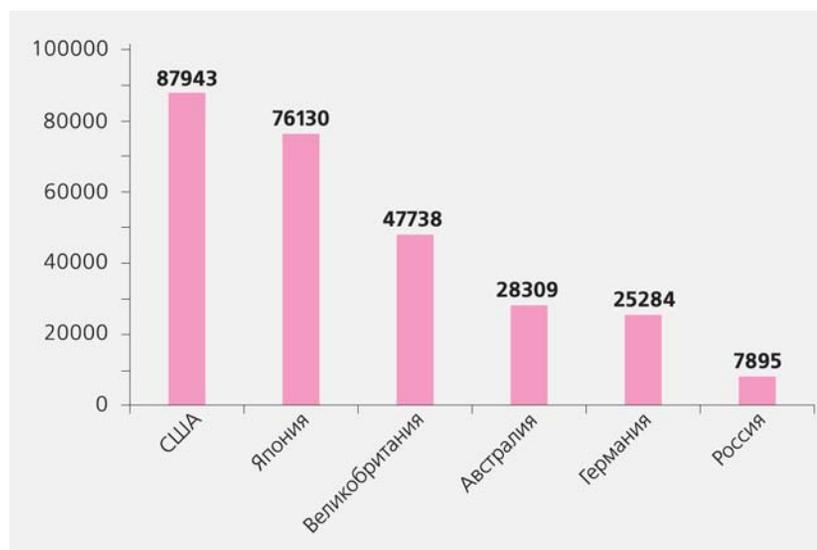
странами можно считать взаимообусловленными процессами. Наглядный пример — Социалистическая Республика Вьетнам. За 50 лет в учебных заведениях СССР и России для Вьетнама было подготовлено более 70 тыс. специалистов, из них 30 тыс. человек с высшим образованием, в том числе 5 тыс. кандидатов и докторов наук. Сейчас многие из них занимают

высокие посты в правительстве своей страны, возглавляют научные институты, работают в вузах, государственных учреждениях и компаниях. Между правительствами СССР и Вьетнама 10 февраля 1978 г. было подписано специальное соглашение о сотрудничестве в этой сфере. Накануне распада СССР в стране обучалось почти 7 тыс. вьетнамских студентов.

Россия — Вьетнам

В настоящее время Россия и принимает, и посылает образовательных мигрантов. Напомним, что СССР был практически только принимающей страной. В начале 1990-х годов в СССР обучалось более 126 тыс. иностранных студентов, что соответствовало третьему месту в мире. В настоящее время эти позиции существенно утрачены — в России обучается более 77 тыс. иностранных студентов (девятое место в мире).

Сокращение набора иностранных студентов в России и снижение уровня двусторонних отношений с зарубежными



Распределение по странам китайских студентов, обучавшихся за рубежом в 2004 г., чел.



Численность иностранных студентов в СССР и России в 1960—2006 гг., тыс. чел.

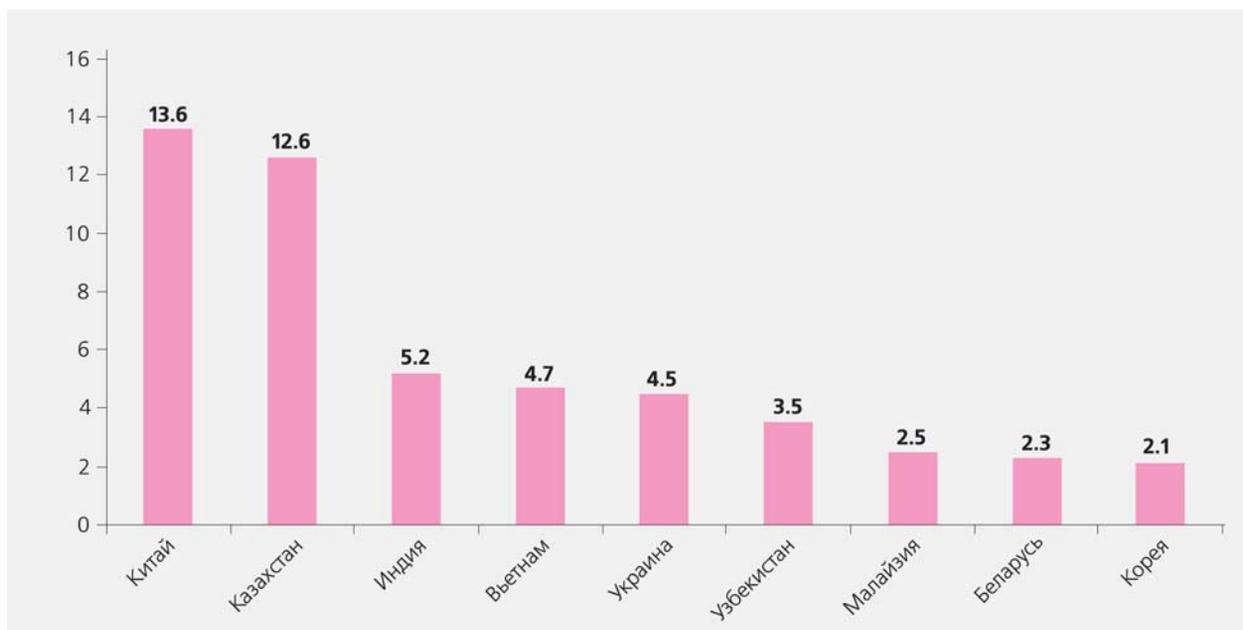
Дальнейшие события привели к отдалению России от Вьетнама, охлаждению отношений и, как следствие, к сокращению потока учебных мигрантов. Традиционные связи между учебными заведениями и научными учреждениями нарушились, снизилась роль русского языка. Произошла переориентация потоков вьетнамских учебных мигрантов на Запад. В настоящее время, по данным Министерства образования и подготовки кад-

ров Вьетнама, в 90 российских вузах обучаются около 5 тыс. вьетнамских студентов по линиям Соглашения между Правительствами России и Вьетнама от 9 июля 2002 г. (оплата обучения в рамках программы «долг—помощь»); на средства Правительства Вьетнама (в стране принята специальная программа подготовки высококвалифицированных кадров за рубежом); на основе межвузовских соглашений, за счет выделяе-

мых Россией квот; на средства генеральных вьетнамских компаний; на деньги вьетнамских семей. И все же Вьетнам остается второй страной из «дальнего» зарубежья, обеспечивающей российские вузы иностранными студентами.

Политический аспект

В нашей стране существуют крупные вузы, имеющие большой опыт обучения иностранных студентов. Например, в 1960 г. в Москве решением Правительства СССР был создан Университет дружбы народов. Он получил всемирную известность и завоевал заслуженный авторитет как крупный учебно-научный центр. Более 47 тыс. его выпускников, в том числе 4,3 тыс. кандидатов и докторов наук, работают в 165 странах. В числе крупнейших вузов России, обучающих иностранных студентов, следует отметить МГУ им.М.В.Ломоносова, Институт русского языка им.А.С.Пушкина, МГИМО и многие другие. В настоящее время основными странами, из которых прибывают учебные мигранты, следует



Численность иностранных студентов из отдельных стран, обучавшихся в России в 2006/07 учебном году, тыс. чел.

назвать Китай, Индию, Вьетнам, Малайзию, Корею и государства СНГ. По данным за 2006/2007 учебный год, примерно третья часть иностранных студентов в России происходит из стран СНГ и Балтии — около 38%. Другой крупнейший регион — Азия (39% студентов). Интересно, что в России учатся студенты и аспиранты из экономически развитых стран. Например, из Германии — 1.1 тыс., из США — 1.5 тыс., из Франции и Японии — по 0.6 тыс. человек. Это свидетельствует о все большей вовлеченности России в процесс глобализации в части образования.

Следует обратить внимание и на обратный миграционный поток — выезд российской молодежи на учебу и работу в другие страны. Россияне обучаются в зарубежных университетах и колледжах, работают в зарубежных компаниях и подрабатывают на сезонных работах за границей во время каникул, проходят стажировку в международных организациях и фирмах. По данным ЮНЕСКО, российские студенты учились в университетах 33 стран мира, и их примерная численность составляла около 13 тыс. человек. Большинство из них — свыше 10 тыс. человек, или около 80% от общей численности, — обучались в университетах четырех стран — США, Германии, Франции и Великобритании. Безусловный лидер — США, где в середине 1990-х годов аккумулялось до 40% российских студентов.

Учебная и трудовая эмиграция российской молодежи обусловлена комплексом причин и социально-экономического, и личного характера. Конечно, главный мотив эмиграции субъективный — стремление молодых людей повысить шансы на устройство как на зарубежном, так и российском рынке труда. Нужно отметить активную деятельность государств и организаций, которые продвигают в России идею мо-

лодежных обменов, стажировок и выездов на работу.

Программы студенческих обменов между разными странами как вид международного сотрудничества появились в конце 1940-х годов. Их основной целью декларировалась возможность для молодых людей из разных стран ближе узнать друг друга, познакомиться с другой культурой, выучить языки, получить опыт той или иной работы. Чтобы сделать программы доступными, студентам давалась возможность работать в стране пребывания, что окупало часть затрат или полную стоимость программ. С 1989 г. студенты из бывшего СССР также получили возможность участвовать в подобных программах. В настоящее время они широко распространены, активно рекламируются и «продвигаются» в России. Многие государства, в частности Госдепартамент США, выделяют значительные средства на их финансирование. Наиболее распространенная программа трудоустройства молодежи в США — «Work and Travel», которая, в свою очередь, входит в соглашение о межправительственных обменах «Cultural Exchange Programs». Программа была разработана в 1957 г. и за эти годы приобрела международную известность среди студентов различных стран мира. Ежегодно правительство США выдает более 100 тыс. студенческих виз J1 с правом сезонного трудоустройства.

Ключевые эффекты

Экономический эффект. Прием иностранных студентов стал заметным источником внешних поступлений финансовых средств во многих экономически развитых странах. Мировой рынок образовательных услуг оценивается в 50—60 млрд долл. Экспорт образовательных услуг принес странам Организации экономического сотрудни-

чества и развития около 30 млрд долл. Например, в Австралии это третья по важности статья экспорта услуг. США получили не менее 15 млрд долл. По примерным расчетам, вклад от иностранных студентов, стажеров, аспирантов, а также слушателей подготовительных отделений в экономику России в 2004 г. составил 292 млн долл. Пока мы далеко не полностью используем свои ресурсы в этом отношении. Если Россия займет позицию стороннего наблюдателя, а не активного участника, то весьма быстро может превратиться в образовательную периферию.

Социальный эффект. Иностранные выпускники вузов могут рассматриваться как ценный потенциальный ресурс, поскольку на учебу за рубеж едут, как правило, лучшие и наиболее мотивированные молодые люди. В глазах работодателей дополнительную привлекательность им придает и то обстоятельство, что к моменту завершения учебы они уже владеют языком страны, знакомы с ее законами и обычаями, а также правилами и условиями работы. Поэтому многие иностранные выпускники приглашаются на работу в местные организации. Например, в Швейцарии на долю иностранцев приходится 13%, а в США — 8% профессорско-преподавательского состава университетов, и их приток в определенной мере нейтрализует старение вузовских кадров. Иностранные студенты способствуют модернизации их структуры, появлению новых учебных программ, направлений и отделений. Как следствие, повышается качество всей национальной системы образования.

Заглядывая в будущее. Совершенно очевидно, что поддержка обучения молодежи принимающими странами представляет собой наиболее эффективный путь влияния на взгляды будущей политической и экономической элиты в отдающей стране. В среднесрочной перспективе это своего рода инвестиции,

обладающие мультипликативным эффектом в экономической и политической сферах. Бывшие студенты становятся элитой в своих странах, что дает возможность устанавливать взаимовыгодные политические и экономические связи.

В настоящее время большинство развитых стран сталкивается с проблемами недостатка высококвалифицированных трудовых ресурсов, а некоторые — с серьезными демографическими проблемами. Например, недостаток специалистов в области информационных технологий в США составлял примерно 850 тыс. чел., в Европе — около 2 млн человек. Как показывает практика, только за счет внутренних резервов задачу решить не удастся.

Россия с 1993 г. столкнулась с проблемой сокращения численности населения, а с 2007 г. начала ощущать недостаток трудовых ресурсов. Население России продолжает стареть, растут затраты на пенсионную систему. Миграция из стран СНГ, а возможно, и из развивающихся государств Азии, Африки и Латинской Америки может быть одним из ресурсов, способных погасить эти негативные процессы.

За рубежом для расширения притока будущих специалистов в высокотехнологичные секторы применяется целый комплекс мер. *Во-первых*, для иностранных студентов создается развитая инфраструктура, включающая кампусы, библиотеки, общежития, условия досуга и обучения, языковые курсы и пр. Крупнейшие университеты получают государственную поддержку на свое развитие.

Во-вторых, все больше государств обеспечивает иностранным студентам возможность работать во время обучения и остаться работать и жить в стране после окончания учебы. К числу таких стран можно отнести Японию, США, Францию, Австралию и Германию. В некоторых государствах даже внесены поправки в законодательство, ко-

торые позволяют выпускникам вузов получить вид на жительство и гражданство.

В-третьих, стимулируется заключение кооперативных соглашений между странами и университетами, а также создание зарубежных филиалов университетов. Например, американские университеты, в особенности частные, открывают новые учебные заведения в странах Европы и Азии, нередко в кооперации с местными вузами. В результате молодежь других стран непосредственно у себя на родине получает доступ к американской системе образования, а университеты расширяют банк студентов, из числа которых на стадии выпуска смогут выбирать кандидатов для последующей учебы и работы в США. Подобные филиалы в новом зарубежье созданы МГУ им. М. В. Ломоносова, Российским государственным социальным университетом, Российским новым университетом и другими вузами. В рамках комплексной целевой программы поддержки соотечественников за рубежом на 2003—2005 гг. выделялись стипендии мэра Москвы студентам из различных стран СНГ, обучающимся в вузах столицы.

Вернемся к Китаю

В последнее время в России стало существенно больше китайских студентов. В 2000 г. была создана российско-китайская комиссия по сотрудничеству в области образования, культуры, здравоохранения и спорта. В мае 2001 г. в Пекине прошла выставка-конференция российских вузов «Российское высшее образование в третьем тысячелетии». В последующие годы состоялись аналогичные выставки образовательных услуг российских вузов в Шанхае и Пекине и китайских — в Москве и в Санкт-Петербурге, заметно расширились прямые двусторонние (партнерские) связи российских и китайских вузов.

Существует практика предоставления государственных стипендий с обязательством вернуться на родину после завершения образования и несколько лет проработать в своей стране. Постепенно в Китае складывается система оказания услуг квалифицированным мигрантам, возвращающимся на родину. Она включает содействие в трудоустройстве, в создании собственных предприятий (таковых насчитывается уже более 4 тыс.) и предоставление информации о возможностях вложения капиталов; нострификацию полученных за рубежом дипломов и ученых степеней и создание сайта «Китайские студенты за рубежом»; получение стартового капитала для проведения научных исследований.

Около 1/4 студентов, вернувшихся после учебы в Китай, превратились в менеджеров международных корпораций, обитателей китайской «кремниевой долины» Чжонгуаньцунь под Пекином и владельцев собственного бизнеса. Производительность 5 тыс. основанных ими предприятий — больше 10 млрд юаней (1.21 млрд долл.) в год. Количество учебных мигрантов, возвратившихся из-за границы в Китай, быстро растет. В 2002 г. их было почти 18 тыс. — вдвое больше, чем в 2000 г. В Китае рассчитывают на то, что китайские ученые, живущие в других странах, примут активное участие в реализации национального проекта: поднять 100 университетов по уровню преподавания и подготовки студентов до мирового уровня. Несмотря на бурное развитие высшей школы в КНР, в ближайшие два десятилетия в стране не будет удовлетворен спрос на получение высококачественного образования, поэтому приток китайской молодежи в иностранные вузы останется по-прежнему значительным, а конкуренция за привлечение китайских студентов будет обостряться.

Специальные мероприятия

Исследование, проведенное нами в 2006 г. в 10 вузах, расположенных в четырех городах России (Москве, Таганроге, Ставрополе и Ростове-на-Дону), среди 417 российских студентов и аспирантов, имевших хотя бы один выезд за границу на учебу, стажировку или работу, показал, что при любом развитии событий только 3% респондентов хотят эмигрировать из России. Значительная часть молодых людей готова эмигрировать, но только при условии получения работы по специальности (контракта). Таких более 36%. Еще 13% готовы выехать за границу для гарантированной работы не обязательно по специальности. Это свидетельствует о том, что в России высокие эмиграционные установки среди молодежи сохраняются, но они стали носить более взвешенный и осмысленный характер. Среди молодых людей теперь широко распространено убеждение, что эмигрировать нужно не любой ценой, а при наличии работы. Около 6% респондентов готовы эмигрировать из России и в том случае, если не найдут работы по специальности, а 16% — если не найдут высокооплачиваемой работы. Таким образом, исследование показало, что эмиграционные установки связаны с экономическими факторами.

В некоторых странах проводятся специальные мероприятия, относящиеся к области инновационной политики и при-

званные содействовать возвращению высококвалифицированных мигрантов, обучавшихся и работавших за границей, а также заинтересовать в работе проживающих в стране иностранных специалистов. В этих целях развивается инфраструктура для инновационного предпринимательства. Повышается привлекательность и государственного сектора научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. В западноевропейских странах ученым, особенно низкооплачиваемым, предоставляется финансовая поддержка. В Великобритании Королевское научное общество выделяет специальные средства для оплаты труда выдающихся ученых, в том числе иностранных. В Австралии молодым талантливым ученым выплачивается специальная стипендия, чтобы стимулировать их работу в институтах страны. В Швеции, Дании, Нидерландах и Бельгии предоставляются налоговые льготы иностранным экспертам, проживающим в стране не менее пяти лет. В канадской провинции Квебек действуют пятилетние «налоговые каникулы» для высококвалифицированных иностранных ученых, работающих в университетах провинции в сферах информационных технологий, инженерного дела, медицины и финансов.

Для иностранного персонала создаются налоговые стимулы и в странах Юго-Восточной Азии. Тайвань, Сингапур и Южная Корея привлекают специалистов, получивших образова-

ние за рубежом, особенно научных работников и кадры в области высоких технологий. Им предлагают высокую зарплату с перспективой быстрого профессионального роста. В Швейцарии реализуется программа «Ребрайн», адресованная швейцарским ученым (докторам), находящимся в США или Японии и планирующим вернуться на родину. Она предусматривает возмещение транспортных издержек репатриантов и их расходов в связи с поиском работы после переезда. В Финляндии, Германии, Канаде, Ирландии и некоторых других странах также принимаются меры, содействующие возвращению ученых-соотечественников, проживающих за рубежом. В 2000 г. Правительство Великобритании, фонд Вольфсона выделили 20 млн фунтов стерлингов для того, чтобы вернуть британских ученых, а также привлечь перспективных молодых ученых из других стран.

Резервы России

Фактически иммиграционная политика становится главным средством конкурентной борьбы за высококвалифицированные кадры. В этом смысле резервы российской системы образования не исчерпаны. Многие вузы самостоятельно пытаются выходить на правительства зарубежных стран с предложениями обучать иностранных студентов в России. Однако в условиях усиленной

Результаты социологического опроса 2006 г. российских студентов и аспирантов, планирующих уехать из страны при тех или иных условиях, %

Условия	Мужчины	Женщины	Всего
При любом варианте развития событий я покину Россию	1,0	1,9	2,9
Если не найду работу по специальности в России	1,9	3,8	5,8
Если не найду высокооплачиваемую работу в России	8,7	7,7	16,3
Если не будет условий для карьерного роста в России	5,8	9,6	15,3
Если буду иметь контракт за рубежом по специальности	12,5	24,0	36,5
Если буду иметь любой контракт за рубежом	3,8	9,6	13,4
Другое	2,8	6,9	9,8
Всего	36,5	63,5	100,0

конкуренции необходимы государственные меры. Можно предложить следующие рекомендации для России.

Требуется выделить в особое направление государственной политики привлечение образовательных мигрантов в Россию. Россия должна активно «продвигать» русский язык и российскую культуру на образовательных рынках различных стран, откуда возможно черпать потенциал учебных мигрантов. Здесь уместно использовать опыт Великобритании. Структуры типа Британского совета открывают центры и представительства, в которых обучают английскому языку, распространяют английскую культуру, чем привлекают абитуриентов и студентов к обучению в Соединенном Королевстве.

Нужна четкая маркетинговая стратегия на зарубежных рынках (реклама российских университетов за рубежом, исследование потенциалов рынков, способов воздействия на них). Наши исследования потенциала зарубежных образовательных рынков показывают, что страны значительно отличаются друг от друга с точки зрения предпосылок и перспектив расширения экспорта образовательных услуг России.

Во многих развивающихся странах продолжается достаточно интенсивный рост населения, увеличивается численность молодежи. Такие государства могут представлять наибольший интерес и перспективы для экспорта российских образовательных услуг. В большинстве своем это страны Африки, Ближнего Востока, Юго-Восточной и Восточной Азии, а также Индия и государства Центральной Азии, входящие в состав СНГ (например, Узбекистан и Таджикистан).

С точки зрения тенденций и перспектив социально-эконо-

мического развития стран для России безусловный интерес представляют «растущие» экономики Китая, Индии, Вьетнама, стран Ближнего Востока, Латинской Америки, Казахстан и прочее. В этих государствах экономический рост часто опережает социальное развитие, системы образования не успевают «поглощать» значительный потенциал молодежи из числа среднего класса, способного платить за обучение, что вызывает образовательную эмиграцию за границу. Россия должна обратить особое внимание на эти страны.

У России сложился достаточно давний опыт привлечения ученых-мигрантов. Прежде всего, из государств СНГ и Балтии, стран бывшего «социалистического лагеря», развивающихся государств Африки, Латинской Америки и Азии. Как показывают наши исследования, именно традиционность образовательных связей во многих случаях предопределяет направления и масштабы учебной миграции.

Необходимо подписание соглашений о взаимном признании дипломов между Россией и странами, отдающими в Россию учебных мигрантов. Нужно облегчить доступ к рынку труда, виду на жительство и гражданству студентам и аспирантам, желающим оставаться жить и работать в России после окончания учебы. Преференциями должны пользоваться также и члены их семей.

Следует расширять количество межгосударственных договоров по вопросам обучения студентов и аспирантов, как на уровне правительств стран, так и между отдельными регионами. Нельзя не отметить, что достаточно активно по этому направлению работает правительство Москвы, которое выделяет стипендии молодым соотечественникам — гражданам стран СНГ и Балтии. Однако по-

ка этот опыт не стал в России повсеместным.

Необходимо оказывать финансовую помощь, поддержку различными видами ресурсов, освобождать от налогов вузы, которые привлекают иностранных студентов. В частности, перспективными проектами для региональной экономики могут стать строительство на основе паритетного финансирования из федерального и регионального бюджетов студенческих городков (кампусов) с развитой транспортной и социально-экономической инфраструктурой. Эти проекты могли бы стать точками экономического роста инновационной экономики.

Очень важно обеспечить студентам безопасность и комфортные бытовые условия проживания в общежитиях (в соотношении цена—качество).

Улучшить качество обучения, повысить требовательность к иностранным студентам, что повысит весомость получаемых знаний. Периодически обновлять программы обучения, расширять спектр программ, преподаваемых на иностранных языках. Можно подписать соглашения между университетами и научно-исследовательскими институтами об участии в обучении иностранных студентов.

Особого внимания требуют проблемы ксенофобии в отношении иностранных граждан. В последние годы в разных городах страны было зафиксировано множество нападений на иностранных студентов. Студентам приходится нередко испытывать на себе недоброжелательность. К этому нужно добавить сложности языковой и бытовой адаптации и т.п. Все это отталкивает студентов от приезда и обучения в России.

Надеемся, что в результате реализации предложенных мер Россия станет страной «притока умов», а не «утечки мозгов». ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 07-06-00466а.

Таш-Рабат — караван-сарай или замок?

Ю.С.Худяков,
доктор исторических наук
Институт археологии и этнографии СО РАН
Новосибирск

В Средние века снаряжение торговых караванов, проходящих по трассам Великого шелкового пути многодневные маршруты, было делом рискованным. Поэтому для обеспечения безопасности купцов и их товаров на многих торговых путях в странах Ближнего и Среднего Востока строились караван-сарай — сооружения для приема и отдыха торговцев и вьючных животных, а также временного хранения товаров. Их возводили вдоль караванных торговых путей в определенных, иногда удаленных и безлюдных, в стороне от населенных пунктов, местах, рассчитанных на проживание торговцев в течение нескольких дней после длительного перехода. А по проторенным путям, где шли проповедники разных религий, возводились культовые постройки, храмы и монастыри. Архитектура этих сооружений в разных регионах Внутренней Азии имеет как схожие черты, так и существенные различия.

Одно из таких необычных каменных сооружений расположено в долине речки Таш-Рабат, притока р.Кара-Коюн, протекающей вдоль отрогов Ат-Башинского горного хребта в Центральном Тянь-Шане, на территории Республики Кыргызстан. В древние времена по долине этой реки проходил торговый путь, связывавший Чуйскую и Ферганскую долины с Кашгаром.

Развалины Таш-Рабата издавна привлекали внимание жи-

телей Ат-Башинского высокогорного плато — кыргызов (скотоводов и охотников), которые считали эту, сложенную из камня постройку, расположенную на большой высоте в узком горном ущелье, сооружением весьма необычным и связывали с ним свои старинные легенды. В конце XIX — начале XX в. Таш-Рабат неоднократно посещали, осматривали и оставили его описания, планы, зарисовки многие ученые и путешественники. Среди них был казахский просветитель, находившийся на российской военной службе, Чокан Валиханов, крупнейший специалист по древней и средневековой истории Средней Азии В.В.Бартольд, археолог А.Н.Бернштам и многие другие исследователи. Они по-разному оценивали время сооружения, определяли назначение и культурную принадлежность этого комплекса. Некоторые ученые считали Таш-Рабат караван-сараем эпохи позднего средневековья, другие склонялись к мысли, что это строение представляет собой развалины христианского несторианского монастыря. В конце 1970-х — начале 1980-х годов на этом памятнике проводили исследовательские работы сотрудники экспедиции Института истории Академии наук Киргизской ССР. Результаты их исследований были отражены в книге С.Я.Перегудовой, обобщившей все доступные сведения об этом памятнике [1]. Она определила Таш-Рабат как стационарный культовый и жилой

комплекс с обрядовым залом и кельями, сооруженный среднеазиатскими христианами-несторианами в X—XI вв. В 1980-х годах этот ценный памятник историко-культурного наследия Кыргызстана был отреставрирован сотрудниками министерства культуры Кыргызской республики, после чего он стал использоваться для показа приезжим туристам из разных стран.

Летом 2007 г. во время фестиваля, проводившегося в Ат-Башинском районе ассоциацией «Дордой» по случаю открытия музея при средневековой крепости Кошой-Коргон, автору этих строк удалось побывать в Таш-Рабатском ущелье и осмотреть это уникальное сооружение. Полностью восстановленный и отреставрированный Таш-Рабат представляет собой почти квадратное по планировке здание, представляющее собой средневековый замок, целиком перекрытый сплошной горизонтальной крышей с возвышающимся в западной части сферическим куполом. Главный фасад здания расположен с восточной стороны. Это высокая, мощная каменная стена с угловыми башнями и воротами с высоким порталом и аркой. С наружной стороны вдоль восточной стены расположен широкий уступ — суфа и предвходная площадка, вымощенная каменными плитами. Три другие стены не имеют ни дверей, ни окон. Здание основательно встроено в склон горы, под которой оно сооружено. Его западная стена возвышается над



Вид Таш-Рабата со стороны входных ворот и с северной стороны.

Здесь и далее фото автора

поверхностью горного склона чуть более метра. Боковые стены, спускаясь по склону горной террасы, соединяют низкую западную с высокой восточной фасадной стеной. Все помещения, расположенные внутри

внешних стен, перекрыты общей крышей со сферическим куполом. Внутри здания от ворот, расположенных по центру восточной стены, до западной стены проходит центральный коридор. Он упирается в квад-

ратный зал, над которым возвышается купол. По обе стороны от коридора и зала расположены различные помещения: длинные прямоугольные и небольшие квадратные комнаты. Вдоль стен в некоторых поме-

щениях имеются уступы. Пол в боковых комнатах расположен ниже, чем в центральном коридоре. Как отметила в своей книге С.Я.Перегудова, принимавшая участие в обмерах, снятии планов и раскопках этого сооружения, внешние стены постройки почти вдвое толще внутренних стен-перегородок. Пол во многих помещениях был перекрыт слоем золы с остатками древесного угля. Внутри помещений было найдено много фрагментов керамической посуды и керамический светильник — чираг. В настоящее время в одной из боковых комнат находится в наклонном положении довольно крупный каменный мельничный жернов с квадратным сквозным отверстием в центре. На поверхности внутренней стороны купола сохранились фрагменты стилизованной растительной орнаментации. Из-за отсутствия окон в большей части помещений даже днем довольно темно, небольшие отверстия имеются по периметру купола и в перекрытии здания.

Вокруг здания и по склону горного увала расположен могильник. На поверхности видны каменные выкладки, отдельные каменные плиты и земляные насыпи. На некоторых могилах видны следы недавних раскопок. Видимо, окрестное население продолжало хоронить умерших и после того, как сооружение перестало функционировать. Имеются сведения, что на этом кладбище погребали своих умерших соплеменников дунгане, мигрировавшие из Кашгара в пределы Российской империи в конце XIX в.

Хотя облик Таш-Рабата свидетельствует о том, что он построен в традициях средневекового среднеазиатского зодчества,



Мельничный жернов в одном из помещений.

ва, необычность его конструкции привела к тому, что исследователи по разному оценивали назначение этого сооружения. Большинство из них считали, что оно служило караван-сараем, поскольку здание расположено в ущелье, по которому проходит горная тропа, ведущая из Ат-Баши в Кашгар, по которой могли проходить торговые караваны, а планировка стен с башнями и порталными воротами характерна для многих средневековых караван-сараяв в Средней Азии. Однако у этого здания нет внутреннего двора, где обычно на период отдыха караванщики разгружали и размещали вьючных животных. Поэтому некоторые ученые (включая упомянутую Перегудову) считали Таш-Рабат не караван-сараем, а несторианским монастырем, сооруженном в глухом горном ущелье вдали от иноверцев. Правда, никаких

находок предметов христианского культа, свидетельствующих в пользу такого предположения, в процессе раскопок не было обнаружено. На кладбище вокруг Таш-Рабата не было могол с несторианскими надгробиями, подобных тем, что сохранились на средневековых христианских могильниках в Чуйской долине. Вероятно, для успешного решения столь спорного вопроса необходимо продолжить изучение этого интересного памятника.

После реконструкции Таш-Рабат продолжает привлекать туристов со всего мира. В день нашего пребывания здесь побывала группа из Швейцарии. Для памятника, расположенного в отдаленном высокогорном районе, где нет проторенных дорог и современного сервиса, это важное свидетельство возможностей для сохранения и дальнейшего изучения Таш-Рабата. ■

Литература

1. Перегудова С.Я. Таш-Рабат (по материалам архитектурно-археологического исследования). Фрунзе, 1989.
2. Галицкий В.Я., Плоских В.М. К изучению Таш-Рабата // По следам памятников истории и культуры Киргизстана. Фрунзе, 1982.

Энтомолог И.М.Кержнер



Изяслав Моисеевич Кержнер (6.03.1936–29.5.2008) – выдающийся отечественный энтомолог, признанный в мире знаток полужесткокрылых насекомых и специалист по зоологической номенклатуре. Он из тех ярких индивидуальностей, в которых талант ученого и преданность науке гармонично сочетаются с редкими душевными качествами – бескорытием и доброжелательностью. Его жизнь на протяжении полувека была связана с Зоологическим институтом (ЗИНом)*, где он начал работать еще студентом, а к концу жизни стал главным научным сотрудником. Многочисленные ученики, друзья, коллеги, да и все, кому посчастливилось знать Изяслава Моисеевича, нуждались в его советах и теперь остро чувствуют потерю человека и специалиста, вобравшего в себя все лучшее, с чем ассоциируется ЗИН**. Сюда приезжают зоологи со всего мира для работы с коллекциями и литературой, а также чтобы пообщаться с коллегами, окунуться в атмосферу этого старейшего академического института и зарядиться витающими в воздухе идеями. У зоологов-систематиков есть традиционный способ признания заслуг коллеги – присвоение его имени новым видам животных. В честь И.М.Кержнера названо более сотни видов насекомых, один из которых представлен на обложке этого номера нашего журнала.

Фото Д.И.Бермана

* Подробнее об институте см.: *Alma Mater отечественной зоологии* // *Природа*. 2002. №8. С.8–48.

** Памяти И.М.Кержнера посвящены публикации в специализированных журналах его учеников и коллег. См. например: *Емельянов А.Ф.* // *Энтомологическое обозрение*. 2009. Т.88. №1. С.194–200; *Гапон Д.А.* // *Кавказский энтомологический бюллетень*. 2008. Т.4. Вып.3. С.253–392.

П.П.Стрелков,
кандидат биологических наук
В.Г.Кузнецова,
доктор биологических наук
Зоологический институт РАН
Санкт-Петербург

Желание стать энтомологом, как вспоминал сам Изыслав Моисеевич, а для нас просто Изя — добрый друг и коллега, пришло к нему еще в школьные годы после находки на чердаке потрепанной немецкой книги, посвященной насекомым. Преодолев трудный готический шрифт, он ее изучил и всерьез, на всю жизнь, заинтересовался миром шестиногих.

Родился Изя в Днепропетровске, во время войны оказался в Омске, среднюю школу окончил в 1953 г. в Черновцах. Дальнейшую его судьбу определила приемная комиссия престижного московского вуза: окончившего школу с медалью парня не приняли в МВТУ им.Н.Э.Баумана по пресловутому пятому пункту анкеты (национальность). После этого он, не огорчая мать, видевшую его инженером, смог поступить на биологический факультет Кишиневского университета. Без колебаний Изя выбрал кафедру энтомологии и занялся изучением жуков Молдавии, но через два года кафедру закрыли. Кержнер разослал в другие университеты страны запрос о возможности перевода, но ответ получил только из Ленинграда. А.С.Данилевский, талантливый энтомолог и отзывчивый человек, по письму угадал перспективного студента и пригласил его к себе. В те годы кафедра энтомологии Ленинградского университета готовила молодых специалистов для работы в Зоологическом институте АН СССР (ЗИНе), в их число попал и Кержнер. Судьба его сложилась счастливо — он стал жителем любимого им Ленин-

града—Санкт-Петербурга и, главное, получил работу в «Мекке» энтомологов-систематиков нашей страны.

Свое образование Изя продолжил в ЗИНе. Важную роль в его формировании как ученого сыграли, по его признанию, коллективные походы в ближайшую столовую. Многие годы институтская молодежь ходила обедать всегда дружной стайкой. Сходились вместе люди разных интересов, во время трапез бурно обсуждались и новости биологической литературы, и собственные научные идеи. В такой неформальной обстановке было некое стесняться, и обеденные дискуссии принесли их участникам великую пользу.

В представлении непосвященных, энтомологи несут печать литературных героев Жюль Верна — Паганеля и Кузена Бенедикта. С этими учеными-чудачками Кержнера роднили только обширность знаний и фанатичная преданность любимому делу. Современная систематика насекомых — серьезная и сложная наука, призванная выявить многообразие этой самой обширной на земле группы животных. Выдающиеся способности Кержнера — строго логический склад ума, великолепная память, знание иностранных языков (основных европейских, а также латыни), редкая добросовестность и поразительное трудолюбие — позволяли ему работать в этой области с высочайшим профессионализмом.

По узкой специальности Кержнер был знатоком обширной и широко распространенной группы полужесткокрылых насекомых, или клопов (отряд Heteroptera). Ученых его типа, посвятивших жизнь систематике мало известной группы жи-

вотных, в мире единицы. Они уникальные специалисты, другие зоологи обращаются к ним за консультациями. Как правило, это энтузиасты, которые самоотверженно занимаются своим делом и не ждут от общества ни признания, ни благодарности, особенно если объекты их внимания не относятся к явно полезным или вредным для человека организмам. Их вечное преследует недоумение обывателя: зачем тратить талант ученого на изучение таких «бесполезных» животных. Попробуем объяснить это в самой общей форме. Для фронтального познания природы недопустимо существование «белых пятен». Дело не только в безграничной любознательности ученых. В любой неизученной группе живых существ могут скрываться важные, доселе неизвестные свойства и явления, необходимые для целостного понимания жизни на Земле и истории ее развития.

В задачи систематика входит всестороннее изучение избранной группы животных: выявление их видового разнообразия, вероятных путей эволюции и родственных взаимоотношений, на основании чего виды группируются в таксоны более высокого ранга. Важнейшая обязанность систематика — найти признаки различий между видами, создать специальные таблицы (ключи), позволяющие их определять. Для Кержнера эти задачи затруднялись очень слабой изученностью и колоссальным видовым разнообразием клопов, которых в фауне бывшего СССР более 5 тыс. видов. Держать в памяти одни только их названия может либо компьютер, либо... систематик-энтомолог.

Предпринимая ревизию полужесткокрылых насекомых фа-

© Стрелков П.П., Кузнецова В.Г., 2009

При написании очерка авторы консультировались с М.М.Фаркой, А.Ф.Емельяновым, В.Б.Голубом и Д.А.Гапоном.



Студент. 1956 г.

Здесь и далее фото из семейного архива

уны СССР, Кержнер и его ученики исследовали не только традиционные морфологические признаки насекомых, но и строение их копулятивных органов, отчасти также внутреннее строение репродуктивной системы и цитогенетические особенности. Успех работы обеспечивался и новыми, очень обширными коллекционными материалами,

собранными их стараниями едва ли не со всей территории нашей страны.

По результатам этих исследований были написаны пространные разделы по полужесткокрылым в фундаментальных многотомных изданиях «Определитель насекомых европейской части СССР» и «Определитель насекомых Дальнего Востока СССР», а также множество более частных работ по Средней Азии, Казахстану, Сибири и Монголии. В итоге инвентаризация фауны клопов огромного региона близка к завершению, а всестороннее изучение этих насекомых поднято на неизмеримо более высокий уровень. Не ограничиваясь фауной СССР и сопредельных стран, Кержнер участвовал в составлении каталога полужесткокрылых всей Палеарктики, где их найдено более 8,5 тыс. видов, а также занимался систематикой и филогенией некоторых групп клопов из других зоогеографических областей.

Особой любовью Изи пользовались хищные клопы семейства Nabidae, их исследование отражено сначала в его кандидатской диссертации (1965), а затем и в докторской (1990).

Этому семейству посвящен отдельный том серии «Фауна СССР» (1981), который считается образцом монографии такого рода. В общей сложности перу Кержнера принадлежит 276 публикаций, среди которых не только специальные работы, но и статьи по общим вопросам систематики. У зоологов считается почетным описание новых видов и таксонов более высокого ранга. Достижения Кержнера в этом плане достойны удивления: им описано 358 новых видов и выделено 33 новых рода клопов.

Учителем Кержнера был известный энтомолог, путешественник и выдающийся коллектор Александр Николаевич Кириченко. Он был уже очень стар, и ходил по институту, держась за стены. Изя почитал и любил своего учителя, в его отношении к нему совершенно отсутствовала снисходительность молодого человека к слабостям дряхлевшего мэтра. Под влиянием Кириченко Кержнер стал знатоком истории изучения энтомофауны русскими путешественниками и навсегда усвоил глубокое уважение к коллекционному делу. Сохранение, разбор и расширение коллекций он считал своей почетной обязанностью. По примеру учителя, Изя обогатил энтомологическую коллекцию ЗИНа новыми обширными сборами, сделанными им в экспедициях не только на территории бывшего СССР, но и в Монголии, на Кубе, в Мексике и Израиле, помнил десятки имен предшествовавших ему коллекторов и маршруты их путешествий. Чувство преемственности очень важно в коллекционной работе, и Кержнер был одним из его носителей.

Другая область интересов Изи — зоологическая номенклатура, правила именования животных. Ввиду того, что одно и то же животное могло быть описано в разное время и разными авторами под разными названиями, а разные живот-

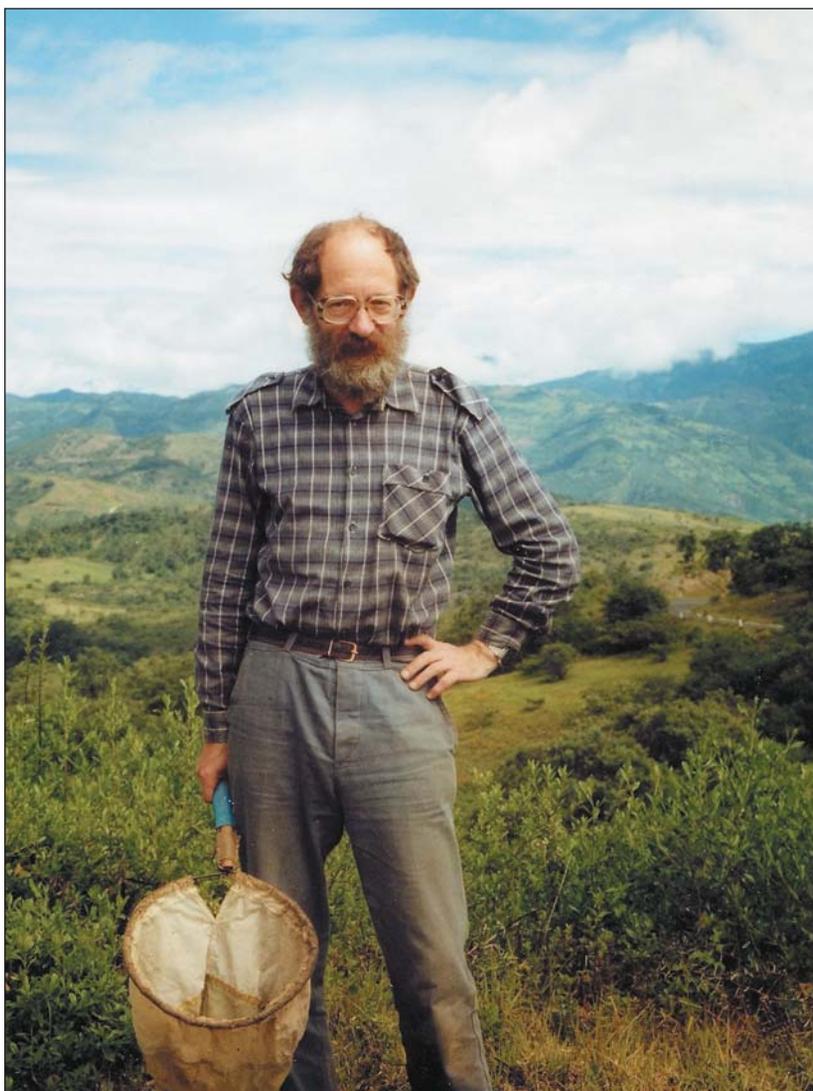
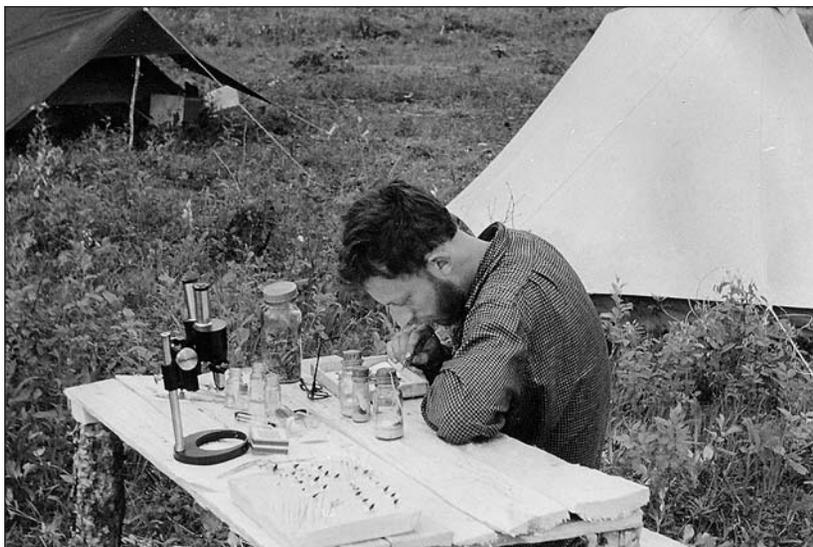


На юбилее учителя — А.Н.Кириченко. 1957 г.

ные — под одним именем, разобраться в этом бывает иногда крайне трудно. Для установления истины требуется свод четких, обязательных для всех правил, в выработке и пропаганде использования которых и принимал участие Кержнер. В течение многих лет он был представителем нашей страны в Международной комиссии по зоологической номенклатуре. Особая заслуга Кержнера перед зоологическим сообществом — перевод на русский язык «Международного кодекса зоологической номенклатуры», который выдержал уже два издания и стал настольной книгой каждого систематика.

Существуют ученые двух типов: одни заняты исключительно своими проблемами и ничего другого делать не желают, другие взваливают на себя множество посторонних нагрузок. Кержнер был ярким представителем второго типа. Традиционная систематика — занятие сугубо индивидуальное, обычно оно не требует коллективной работы. Однако оставаться в рамках только своей личной темы Иза не умел. По его инициативе специалисты по полужесткокрылым насекомым из разных стран мира объединились для составления коллективных монографий, причем Кержнер собирал, редактировал, а часто и переводил материалы разных авторов. Он же был непременным участником или организатором международных симпозиумов и совещаний. Все это отнимало массу времени и сил, но широкие личные контакты близких по интересам ученых оказывались очень плодотворными. Функции организатора науки, которые Кержнер на себя взваливал, высоко ценили работавшие параллельно с ним специалисты.

Очень много времени отнимала у Изи помощь близким и дальним коллегам: как бы он не был занят, каждый обратившийся за консультацией мог рассчитывать на его внимание.



В экспедициях: в Амурской обл. (вверху) и Мексике. 1959 г. и 1980 г. соответственно.



Конец 60-х годов.

Множество зоологов разных специальностей приезжали советоваться с Кержнером по каверзным вопросам зоологической номенклатуры. Он просиживал с ними многие часы в библиотеке, сам увлекался чужими проблемами, иногда производил собственные изыскания по их темам и сообщал потом результаты уже давно уехавшим специалистам.

Иногда выяснение истинного названия и установление автора той или иной формы напоминало детективные истории. По номенклатурным законам приоритет имеет то название, которое опубликовано и стало известно специалистам раньше прочих. Случалось, что животное было описано в разных статьях под разными именами в один и тот же год, а иные указания на время публикации

в старых журналах отсутствовали. В таких трудных случаях Изя пытался выяснить, какая из статей была раньше получена редакцией. Он добывал древние справочники, по ним вычислял, как долго мог идти корабль, доставивший статью из Австралии, Америки или Индии, и на этом основании решал, какое из названий валидно (действительно). Кержнеру многократно советовали ограничить деятельность всеобщего консультанта, но тщетно. Помогать ближним и дальним ему просто нравилось, он считал это своей почетной обязанностью.

Изя был великолепным знатоком энтомологической литературы, много сил и времени он отдавал комплектованию институтской библиотеки. Им проведена трудоемкая работа по уточнению каталогов, в первую оче-



Клоп-кружевница, описанная и названная в честь И.М.Кержнера его учеником В.Б.Голубом — *Dictyonota kerzhneri* Golub, 1975 (крайний справа) и типовые экземпляры клопов из коллекции ЗИНа, описанные Кержнером:

Urostylis trullata Kerzhner, 1966 — вид семейства Urostylidae (крайний слева) и *Prostemma guttula asiaticum* Kerzhner, 1968 — подвид семейства Nabidae. *D.kerzhneri* описан по экземплярам, собранным в северной и южной частях пустыни Кызылкум: в Кызыл-Ординской обл. Казахстана в развалинах селения Шырыкрат (коллектор И.М.Кержнер, 1966 г.) и в Узбекистане, в 25 км севернее пос.Аягжумды (коллектор А.Ф.Емельянов, 1965 г.).

Фото В.А.Агеева и Д.А.Гапона

редь важных для номенклатурных решений точных дат выпусков всех периодических изданий ЗИНа и Зоологического музея. Благодаря широким личным связям ему удалось получать для библиотеки отсутствующие зарубежные издания и заполнять лакуны — недостающие номера журналов или пропущенные тома в сериях. Он не чурался при этом всей трудоемкой технической работы, начиная от ведения переписки до получения книг и их доставки. Сотрудники библиотеки его обожали, считали своим, а теперь говорят, что без него осиротели. Это чувство, впрочем, испытывают все, кто имел дело с Изей.

Еще больше времени отнимала у него редакционно-издательская работа. Его усилиями были изданы 11 томов сборников «Насекомые Монголии». Последние годы жизни он был занят выпуском институтского журнала «Zoosystematica Rossica» на английском языке. Почти в одиночку он выполнял функции составителя, редактора, корректора и организатора проверки качества английских переводов, ведал распространением журнала и вопросами его реализации. Передать эти обязанности более молодым сотрудникам не удалось: те немногие, кто мог его сменить, справедливо требовали дополнительной оплаты, на что не соглашалось начальство, бессребреник же Кержнер тянул воз даром.

Зачем он брался за столько разных дел, отвлекавших его от собственной, очень любимой работы? Это был его свободный выбор. Слишком многое казалось Изе важным и интересным, требовавшим его личного участия. Он любил библиотеку и книги, а создание первого в институте международного журнала его, несомненно, увлекало. За всем этим стоял и другой вопрос: «Если не я, то кто же будет этим заниматься?». Выбор определялся потребностью Кержнера быть полезным людям, его научно-общественная работа



За работой с коллекциями. 1971 г.

Здесь и далее фото из семейного архива



В Национальном музее естественной истории (Вашингтон) с американским коллегой Т.Генри. 1998 г.

отвечала этой стороне его натуры. Единственное, чего он всегда избегал, это быть «начальником», большим или малым.

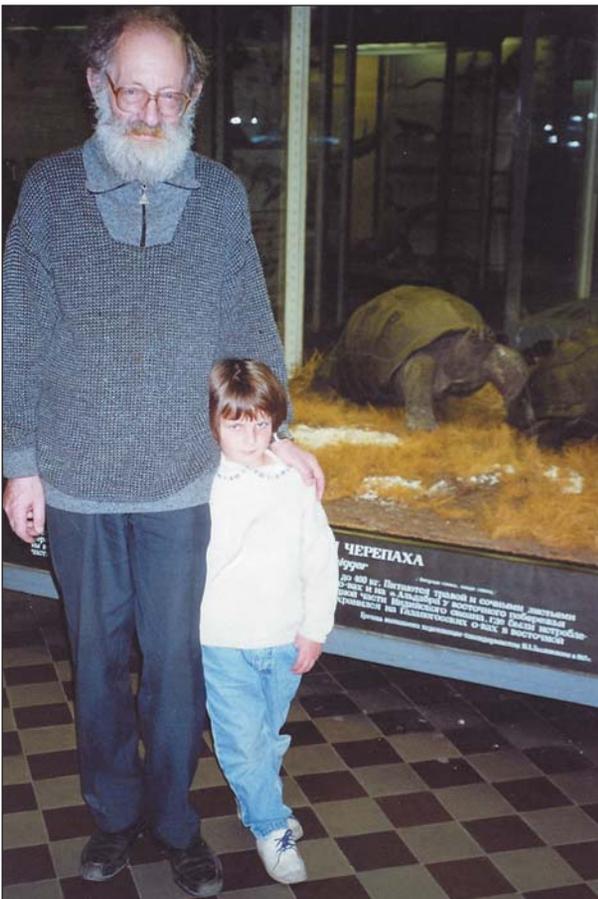
Очевидно, что за помощь коллегам можно получать благодарности, но не славу ученого. Нам кажется, Изя был лишен тщеславия, он просто добросовестно делал то, что считал нужным, и мало заботился о личной славе. В среде ученых, как и других творческих работников, нередко возникают недоразумения — споры о приоритете, обиды за некорректное использование чужих данных, приписки сторонних имен к числу авторов публикаций и прочее. К очень чуткому к несправедливости и обману Кержнеру нередко ходили жаловаться на недобросовестность коллег, но от

самого Изи мы никогда не слышали о подобных обидах. Похоже, что он был выше этого.

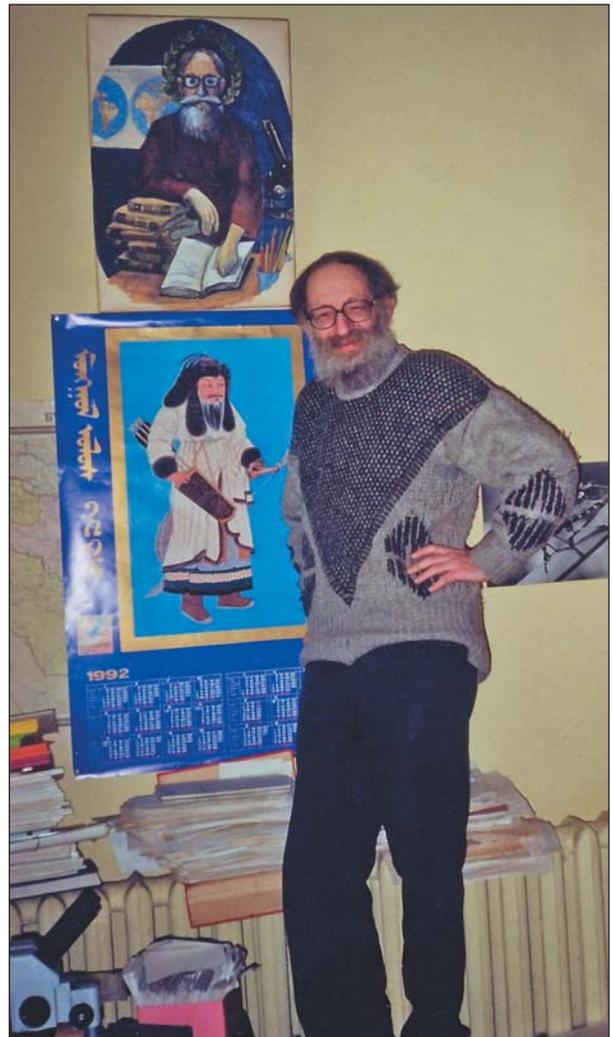
Вот пример отношения Изи к своим и чужим научным результатам. Одна из коллег предложила ему быть соавтором и дополнить ее большую работу, на что он охотно согласился. Неожиданно из зарубежного журнала пришла на рецензию статья на сходную тему. Первой реакцией Кержнера было отказаться от запланированной публикации, так как чужая статья завершена раньше. Коллега же обратила внимание, что статья «соперников» уступает их материалу по широте охвата проблемы и содержит множество ошибок. После долгих уговоров Кержнер согласился, что напечатать можно обе статьи, одна-

ко настоял, чтобы исправить в конкурирующей работе все замеченные недочеты. Его не заботило показать, что его собственная статья лучше чужой, ему казалось важнее, чтобы обе они были равно полезны для науки.

Особое место в биографии Кержнера занял период, когда он участвовал в распределении средств, выделенных в начале 90-х годов известным меценатом Дж.Соросом для поддержки зоологов и ботаников, занимавшихся в СССР проблемами биоразнообразия. Помощи с таким целевым назначением добился от благотворителя Н.Н.Воронцов, убедивший Кержнера, известного своей порядочностью и справедливостью, возглавить это дело. Работа была трудная, из большого числа желающих



В родном ЗИНе — с внучкой Сашей в музее и в лаборатории рядом со своим портретом, написанным к юбилею Кержнера его коллегой Н.Захаровой. 2001 г. и 1990-е годы соответственно.



нужно было выбрать тех претендентов, которые отвечали поставленным требованиям, вместе с тем хотелось предоставить помощь возможно большему числу людей. Составлялись списки из многих сотен имен, деньги выдавались без помощи бухгалтерии и кассиров. Сравнительно небольшие суммы полученных долларов казались в то нищее время состоянием и позволили одним обзавестись первым компьютером или нужными книгами, другим — детской одеждой. Изя навсегда сохранил чувство благодарности и уважения к Соросу. Его возмущало, что имя благодотворителя подверглось потом поношению и грязным обвинениям со стороны наших «патриотов-государственников», хотя именно они, а не американец Сорос, должны были поддерживать едва теплившуюся в стране науку.

В течение многих десятилетий рабочий день Кержнера заканчивался в восемь часов вечера — позже оставаться в институте запрещалось. Обычно он уходил с набитым портфелем и продолжал работу дома. Отпуск Изя проводил за рабочим столом в институте, и в этом не было ничего жертвенного — отдыхать он не умел, а, будучи вывезенным семьей за город, через пару дней начинал скучать и сбегал, стосковавшись по работе.

Иногда Изе приходилось знакомить с природой и насекомыми окрестностей Петербурга гостей-иностранцев. Он не любил это занятие и водил приезжих всегда в одно, легко доступное место — к озеру Разлив и шалашу Ленина. «Кержнер опять на Ленинской тропе» — шутили в институте.

Заботы о личном благосостоянии были глубоко чужды Кержнеру. Он был совершенно равнодушен к одежде и без вмешательства домашних женщин с удовольствием не менял бы ее вплоть до полного истления. Жилищный вопрос удачно решился наличием весьма скром-



В ЗИНе с Л.И.Подгорной (стоит рядом с И.М.) и учениками — Е.В. Канюковой и Д.А.Гапоном. 2005 г.

ной квартиры у жены Риты. Нужно вспомнить, что Изя начинал жизнь в Ленинграде иногородним студентом, не имевшим места в общежитии. Он «снял угол» в комнате, где жил вместе с хозяевами. Одно из ярких воспоминаний того времени —

в квартиру, в которой ютился Изя, ночью нагрянула милицмейская проверка. Жизнь без прописки тогда строго каралась, он спрятался под стол, застеленный низко свисавшей скатертью, и милицмейские сапоги едва не касались его лица. Перенесен-



С женой Маргаритой Мироновной и дочерьми Лильяной и Ольгой. 2002 г.



На юбилее в ЗИНе с коллегой В.В.Злобиным (с гитарой). 90-годы.

ные смолоду трудности не научили Изю ценить комфорт, к проблемам быта он относился безразлично. Для него было важно наличие минимума удобств и места для работы, остальное его не волновало. Жена утверждает, что по своей воле молотка в руки Изя никогда не брал. Если

она ставила ему конкретную задачу и бдительно следила за ее исполнением, он мог прекрасно справиться с любой домашней работой, но инициативы никогда не проявлял — он просто не замечал бытовых проблем.

Преображался он в экспедициях. Там он не чурался любых

хозяйственных дел, включая приготовление еды, починку чужой обуви или очков. Все, кто работал с ним в поле, говорят, что такого заботливого, всегда готового к помощи товарища найти было трудно. Запомнился рассказ нашего экспедиционного шофера: когда закончилась одна из энтомологических экспедиций, спешившие домой участники сразу разъехались, водителю же предстояло несколько дней провести одному, что было неудобно и скучно. Кержнер не меньше других стремился вернуться в Ленинград, но он единственный пожалел парня и добровольно остался с ним ждать сменщиков.

Разное поведение Изя в экспедиции и дома, казалось бы, говорит о двойном стандарте, который он позволял себе по отношению к окружающим. Думается, что дело в ином. В экспедициях, резко меня обстановку, Кержнер освобождался от постоянных мыслей о рабочих институтских делах, в которые он был постоянно погружен в городе. Эти мысли и заботы заслоняли для него все остальное, в том числе и семейно-бытовые проблемы. По этой же причине с Изей не всегда легко было общаться. Обычная болтовня «за жизнь» его занимала мало, он вежливо выслушивал собеседника, но поддерживал разговор вяло. Стоило затронуть интересную для Изя тему, как он преобразался. Ему было свойственно редкое умение интересно рассказывать, а обширные знания и великолепная память позволяли говорить на многие темы, далекие от его научных интересов. Тогда становилось понятно, что Изя, при его кажущейся узости, широко образован. Его особенно привлекала история, жизнь известных ученых и судьбы их открытий.

Почти маниакальная поглощенность Кержнера работой ярко проявлялась во время зарубежных командировок, которых в последние 20 лет его жизни было немало. По приглашению

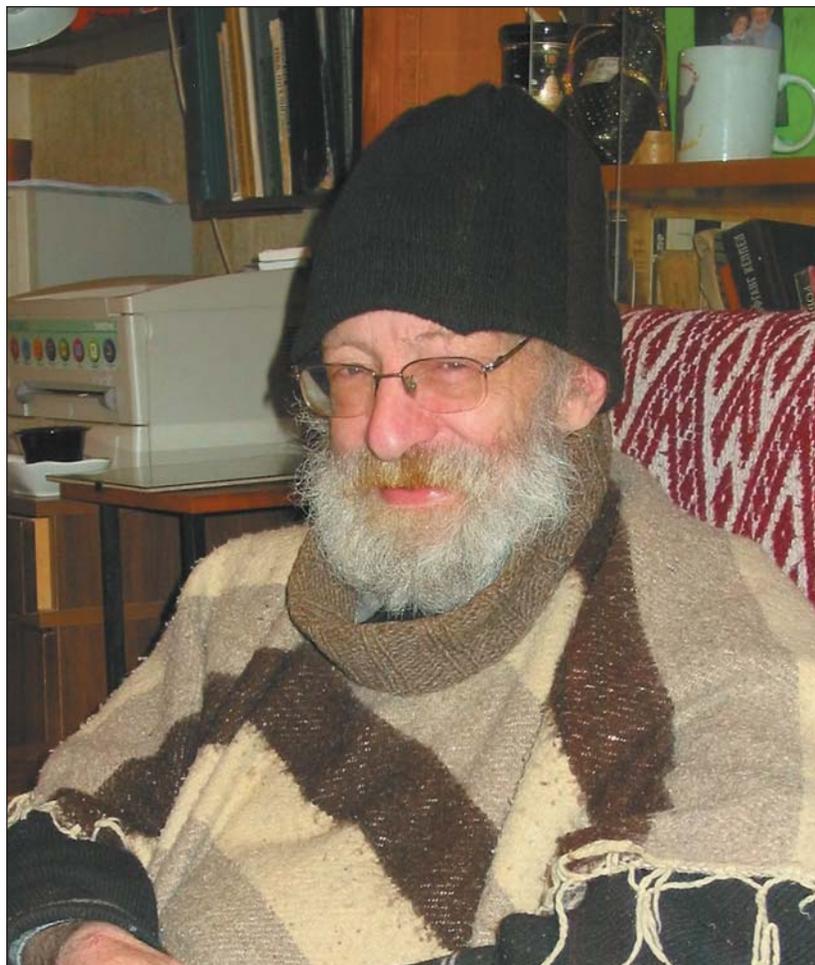


Дома и тоже за работой. 2006 г.

французов он ездил в Париж с женой, и мы основываемся на ее рассказах. Хозяева выдали Изе ключи от музейных помещений, и он был волен приходить и уходить по своему желанию. Рита побывала за время поездки и в Лувре, и во многих прочих музеях, знакомилась с исторической частью Парижа, заглянула, как положено даме, и в магазины. Кержнер не ходил никуда, с утра и до ночи он сидел над коллекцией насекомых. То же повторилось в Нью-Йорке: кто-то из знакомых вытащил Кержнера осмотреть знаменитую экспозицию Музея естественной истории, но все остальное время он провел за изучением коллекций. Будучи почетным гостем Академии наук Кубы, Изя избегал предусмотренных посещений фешенебельных пляжей и курортов, а брал сачок и отправлялся ловить местных насекомых. Подобным образом он вел себя и в других поездках. Можно ли это назвать односторонностью интересов ученого? Отчасти да, но правильнее говорить о строгом соблюдении им приоритета нужного над необязательным, на все времени хватить не могло.

Увлеченность Кержнера наукой принимала подчас анекдотический характер. У зоологов существует правило: после латинского названия животного указывается фамилия и первая буква имени впервые описавшего его автора. Когда у Изи родилась дочка, жена предложила назвать ее Инной. «Ни в коем случае, — возразил счастливый отец, — если она станет энтомологом (возможно, он об этом мечтал) и будет описывать новые виды насекомых, одинаковость инициалов не позволит нас с ней различать». Девочку назвали Ольгой, но энтомологом она не стала.

Постоянная погруженность в рабочие дела не мешала Кержнеру любить хорошую компанию. В его радушный и гостеприимный дом неизменно приглашались все приезжавшие из провинции или из-за границы



Доброжелательность — главная черта Изи. 2006 г.

Фото Д.И.Бермана

коллеги вместе с институтскими сослуживцами (без учета табели о рангах), на семейные праздники собирались друзья. Одно из главных удовольствий на этих сборищах доставляло пение. Изя обладал сильным красивым голосом, знал множество песен, и с большим удовольствием выполнял обязанности запевалы, да и главного исполнителя. Пелись больше народные (особенно Изя любил украинские) и бардовские песни (Окуджавы, Галича, Визбора), иногда Изя в паре с женой замечательно исполняли грустно-радостную «Тум-балалайку». Горько сознавать, что никогда больше нам не услышать их дуэта!

В молодости все мы были веселые и любили шутки, Изя не

был исключением. Помнится, как накануне советского праздника Дня конституции выпал глубокий снег, и всех молодых мужчин выгнали с лопатами очищать тротуары вокруг института. Появилась возможность развлечься, и мы слепили огромную, в два человеческих роста бабу, не пожалев снега на ее грандиозные формы. Изя мгновенно сочинил шуточные стишки, оглашенные им при общем ликовании на шутовском открытии «памятника»: «Хвала рабочим-исполинам и зодчим, славою увенчанным! Привет строителям-мужчинам, создавшим эдакую женщину! Она стоит как символ гордый, во славу нашей Революции. Какая статья! Какие формы! Какая, братцы,

Конституция!». Изин экспромт доставил нам такое удовольствие, что он сохраняется в памяти без малого 40 лет.

К людям Изя относился всегда благожелательно, но если кто-либо ронял себя в его глазах, старался не иметь с ним дела и весьма неохотно менял мнение о таком человеке. Ему была свойственна удивительная деликатность, даже неприятные сведения он умел преподнести так, что его собеседник не обижался. Конфликтов Изя избегал, что при снисходительном отношении к людям ему обычно удавалось, но по принципиальным вопросам твердо отстаивал свою точку зрения. В ярость его приводили неблагоприятные (с его точки зрения) действия институтской администрации. Трезво оценивая свою заметную роль в жизни института и будучи бессилён изменить ситуацию, он грозил порой в знак протеста уволиться и уехать за границу. Все это, однако, были слова. Изя слишком любил свою работу, свои лекции, да и сам институт, каким он его в идеале представлял, чтобы расстаться со всем этим по собственной воле.

Кержнер был очень щедрым и не корыстным человеком. При его первых заграничных поездках, когда командированных оплачивали сертификата-

ми, он широко раздавал их тем, кто особенно нуждался. При распределении денег, получаемых по грантам, его главной заботой было не обидеть кого-нибудь, не взять себе больше, чем получали другие. Когда Кержнер смертельно заболел, нужных для дорогостоящего лечения средств в семье не оказалось. На покупку лекарств по своей инициативе собрали и прислали деньги зарубежные коллеги. Изе это было крайне неприятно, близкие лишь с трудом убедили его принять помощь, что позволило на несколько лет продлить его жизнь. От денег, собранных земляками, живущими на нидерландские зарплаты, он категорически отказался.

Кержнер был богато одарен природой. Даже его внешность — высокий рост, стройная фигура и красивая борода — сразу вызывала симпатию и запоминалась. Был случай, когда Изю остановили на улице незнакомые киношники и упростили сниматься в фильме об академике И.П.Павлове в амплу русского ученого-демократа, его можно увидеть в этой старой ленте. Кержнеру была свойственна особая аура, он как бы распространял вокруг себя волны доброжелательности, которые чувствовали даже незнакомые ему люди. В последние месяцы жизни, когда

Изе было уже совсем плохо, он сумел обаять персонал больницы, где лечился: для врачей, сестер и уборщиц «наш академик» стал любимым больным.

Редкие душевные свойства Изю — доброта, бескорыстие, всегдашняя готовность помочь и глубочайшая порядочность — были достойны только восхищения. Он был одним из самых замечательных людей, встреченных нами в жизни. О близких, ушедших в мир иной, у нас принято говорить только хорошее. Мы не хотели следовать этой традиции и пытались найти в воспоминаниях разных людей о Кержнере что-нибудь порочащее, принижающее его образ, но не смогли — он был действительно, по большому счету, светлый человек.

Мы не боимся назвать Изю высоким старинным словом — Праведник. Все мы, его друзья, должны быть счастливы, что многие годы работали и жили рядом с таким удивительным человеком, само существование которого наглядно убеждало, что Добро может быть нормой жизни.

Об уходе Изю Кержнера из жизни скорбим не только мы, его друзья и сослуживцы. Ниже приводятся выдержки из откликов на его смерть зарубежных коллег. ■

«Мы потеряли не только одного из лучших, всемирно известных энтомологов, но также коллегу, обладавшего столь многими лучшими человеческими качествами.»

Майк Вильсон (Англия)

«Скорблю о потере одного из лучших людей, которых я встречал в жизни.»

Гарри Брайловски (Мексика)

«Никто, обратившийся с просьбой к Изе, не знал отказа в помощи и совете. Это был большой настоящий человек.»

Игорь Лопатин (Беларусь)

«Я никогда больше не увижу мягкой улыбки Изю, моего великого названного отца из России...Блудный сын из страны набожных буддистов молится о том, чтобы его чудесная душа обрела покой.»

Томохиде Ясунага (Япония)

«Он отправился в последнее путешествие, не оставив нам адреса. К кому теперь обращаться за помощью?»

Ваньчжи Цай (Китай)

«Он нес в себе столько замечательных человеческих качеств...»

Жан Перикар (Франция)

Новости науки

Космические исследования

«Herschel» расширит границы познания Вселенной

В мае 2009 г. на орбиту предполагалось вывести космическую обсерваторию «Herschel» (см. четвертую страницу обложки), созданную Европейским космическим агентством (ESA). Установленный на ней телескоп позволит существенно продвинуться в изучении Вселенной. Этот инструмент ориентирован на исследования в очень широком диапазоне — от далекого ИК-излучения до субмиллиметровых волн. Расчетное время работы обсерватории на орбите — три года.

Сначала телескоп предполагалось назвать «FIRST» («Far InfraRed and Submillimetre Telescope»), однако затем было принято решение присвоить ему имя великого английского ученого Уильяма Гершеля, который в 1800 г. открыл инфракрасное излучение. Проводя эксперимент по расщеплению солнечного света призмой, он обнаружил повышение температуры термометра, размещенного за красной частью видимого спектра. Дальнейшие эксперименты привели его к выводу, что должно существовать невидимое излучение вне полосы видимого света, которое и ответственно за повышение температуры.

Космическая обсерватория «Herschel» создана под эгидой ESA усилиями ученых 10 стран и более чем 40 научных центров. Ее размер — примерно 9×4,3 м, масса 3,25 т. Установленный на борту телескоп имеет зеркало диаметром 3,5 м, что позволяет проводить наблюдения на длинах волн более 10 мкм. Поверхность зеркала, изгото-



Зеркало космического телескопа «Herschel» диаметром 3,5 м изготовлено из карбида кремния — легкого керамического материала, устойчивого к нагрузкам и экстремальным температурам. Зеркальная поверхность имеет отклонения от идеальной не более 1 мкм.

Фото ESA

товленного из карбида кремния, отполирована с отклонениями не более 1 мкм.

Для анализа излучения, собираемого зеркалом, на борту установлены три научных прибора. Панорамный спектрограф среднего разрешения PACS (Photodetector Array Camera and Spectrometer) работает на длинах волн от 60 до 210 мкм. Этот диапазон оптимален для изучения молодых, далеких и содержащих много пыли галактик с бурным формированием

звезд, поскольку их эмиссионные линии и максимум непрерывного спектра смещены в красную область. Панорамный спектрограф SPIRE (Spectral and Photometric Imaging REceiver) среднего разрешения предназначен для наблюдений на длинах волн 194—672 мкм. С его помощью будут изучаться очень далекие галактики и ранние стадии формирования звезд (когда протозвезда окружена плотной газовой-пылевой оболочкой), процессы образования и ранней эво-

люции активных ядер галактик и квазаров, а также крупномасштабная структура Вселенной в ранние эпохи. Гетеродинный спектрограф высокого разрешения HIFI (Heterodyne Instrument for the Far Infrared) предназначен для дальней инфракрасной области спектра. Он покрывает диапазон в 157–625 мкм. Три инструмента «Herschel» дополняют друг друга: SPIRE и PACS дают изображения изучаемых объектов, а HIFI — очень высокое спектральное разрешение в линиях.

Чтобы понимать, как формировались и эволюционировали звезды, надо исследовать атомы и молекулы в межзвездном пространстве, а их излучение приходится как раз на тот диапазон, в котором работают приборы телескопа «Herschel». Анализируя спектры, можно получить информацию о температуре, плотности, светимости, магнитных полях, динамике и химическом составе межзвездной среды. В инфракрасном диапазоне излучают и холодные объекты Солнечной системы (кометы, астероиды), да и сами планеты. Коричневые карлики, протозвезды, пылевые диски вокруг молодых звезд, экзопланеты достаточно холодны и поэтому тоже излучают на длинных волнах. Многие интересные объекты часто скрыты облаками пыли или газа. Пыль поглощает видимый свет, поскольку размеры пылинок имеют тот же порядок, что и длины волн оптического излучения. Но в инфракрасном диапазоне коэффициент поглощения заметно меньше, чем в оптическом. Кроме того, видимый свет и ультрафиолетовое излучение нагревают пыль, а она переизлучает поглощенную энергию в инфракрасном диапазоне.

Одной из приоритетных целей миссии «Herschel» является изучение так называемых «темных веков» Вселенной, когда только начали формироваться первые галактики. Свет из той ранней эпохи шел до нас миллиарды лет. Из-за космологического расширения Вселенной его спектр сместился в красную область, как раз в тот

диапазон длин волн, на который настроены приборы обсерватории «Herschel».

С помощью одной ракеты «Ариан-5» ESA намеревалось запустить сразу два телескопа: «Herschel» и «Planck», который предназначен для исследования Космоса в микроволновом диапазоне спектра. Этот совместный старт обусловлен тем, что оба телескопа спроектированы для работы в точке Лагранжа L2 — одной из гравитационно «оптимальных» точек околоземного пространства, где тело может находиться неподвижно относительно Земли и Солнца. Обсерватория «Herschel» расположена на расстоянии примерно 1.5 млн км от Земли (расстояние будет меняться от 1.2 до 1.8 млн км, поэтому каждый месяц для компенсации сноса спутника с орбиты будет проводиться ее коррекция). Все время чувствительные приборы спутника будут направлены в противоположную от Земли, Луны и Солнца сторону — для защиты от инфракрасного излучения этих объектов. Еще одна причина совместного запуска обоих телескопов состоит в том, что оба они создавались по единой технологии и синхронно, что позволило сэкономить немало средств. Тем не менее общая стоимость инструментов составляет около 1.7 млрд евро.

<http://herschel.jpl.nasa.gov/>; <http://herschel.esac.esa.int/>;
<http://www.esa.int/SPECIALS/Herschel/index.html>

Планетология

Наблюдения атмосферы Плутона на VLT

Плутон — карликовая планета, состоящая преимущественно из камней и льда и находящаяся от Солнца почти в 40 раз дальше, чем Земля. Температура поверхности Плутона едва ли поднимается выше –220°C. Давно известно, что эта планета обладает разреженной атмосферой, состоящей из азота с небольшой примесью метана и, возможно, оксида углерода. Основную информацию о составе и свойствах атмосферы Плутона по-

лучают исходя из звездных покрытий (когда он проходит перед фоновой звездой), однако на основе этих данных можно узнать лишь о его верхней атмосфере. Дело в том, что на высотах менее 20 км резко возрастает атмосферное поглощение, из-за которого не удавалось исследовать приповерхностные слои газовой оболочки Плутона, не говоря уже о самой поверхности. Новые наблюдения, проведенные 1 августа 2008 г. на телескопе VLT Европейской южной обсерватории (Чили), позволили преодолеть этот рубеж.

Благодаря мощи гигантского 8.2-метрового инструмента Э.Лелуш (E.Lellouch) с коллегами впервые сумели получить высококачественный инфракрасный спектр атмосферы Плутона, в том числе выделить в нем несколько линий метана — второго по распространенности газа в атмосфере карликовой планеты. По прежним данным уже было известно, что метан является вторым по распространенности газом в атмосфере Плутона после молекулярного азота, однако новые наблюдения впервые позволили определить его численное содержание, которое оказалось равным примерно 0.5% по числу молекул.

Кроме того, авторам работы удалось построить примерный температурный профиль атмосферы Плутона. До сих пор было известно только, что верхняя атмосфера Плутона на 50° теплее поверхности, т.е. ее температура составляет –170°C. Теперь выяснилось, что инверсия температуры свойственна всей атмосфере: с каждым километром высоты она увеличивается на 3–15° (для сравнения: на Земле температура атмосферы, напротив, падает с высотой примерно на 6° за километр).

Авторы статьи связывают относительный разогрев атмосферы со значительным обилием метана. Испарение метана с поверхности, с одной стороны, понижает ее температуру, с другой — обогащает атмосферу парниковым газом. «Большое количество метана играет критическую роль в процессах нагрева атмосферы, активно

поглощая инфракрасное излучение Солнца, и может объяснить рост температуры с высотой», — отмечает Лелуш. Причины повышенного содержания метана относительно молекулярного азота пока остаются неясными. Авторы рассматривают две модели: либо поверхность покрыта тонким слоем метана, который, испаряясь сам, препятствует испарению азотного льда, либо приток метана в атмосферу обеспечивается испарением локальных пятен чистого метана. Имеющиеся данные не противоречат ни первой, ни второй гипотезе, поэтому ученые с нетерпением ждут прибытия к Плутону межпланетного зонда «New Horizons», который в 2015 г. принесет новые сведения об атмосфере этого далекого мира.

Astronomy and Astrophysics. 2009. V.495. P.117 (Международный журнал).

Физика

Скачущие наночастицы

В Университете штата Миннесоты (г.Миннеаполис, США) провели эксперимент с наночастицами, который дал неожиданные результаты, и численное моделирование, которое их подтвердило¹.

К поверхности кремния направляли кремниевые наночастицы диаметром 5 нм, содержавшие примерно 30 тыс. атомов. Оказалось, что медленные частицы (летающие со скоростью 900 м/с) отскакивают от поверхности, а быстрые (2000 м/с) — прилипают. Объяснение простое: кинетическая энергия быстрых частиц переходит в деформацию кристаллической решетки, а кинетической энергии медленных частиц для этого не хватает, поэтому они отскакивают.

Описанный эксперимент при кажущейся забавности имеет вполне серьезные цели — изучение процессов адгезии наночастиц к поверхности, что очень важно для нанотехнологии.

<http://perst.issp.ras.ru>
(2008. Т.15. Вып.17).

¹ *Suri M. et al. // Phys. Rev. B*. 2008. V.78. P.081405(R).

Физика

Измерение механических характеристик графенового слоя

Возможность существования графенов — монослоев атомов углерода — обсуждалась много десятилетий, но выделять их в чистом виде, а тем более получать в значительных количествах научились лишь в последние годы². Это дало возможность опытным путем выяснить, в какой степени физико-химические свойства графенов соответствуют результатам модельного изучения.

Например, расчеты, выполненные на квантовом уровне, указывают на аномально высокое, порядка терапаскалей, значение модуля Юнга у графенов без структурных дефектов. До сих пор проверить теорию практикой из-за технических трудностей не удавалось. И вот недавно группа ученых из Колумбийского университета (Нью-Йорк, США) провела тончайший эксперимент по определению упругих свойств графенов и их прочности на разрыв³. В качестве подложки исследователи использовали кремниевую пластину, покрытую слоем SiO₂ толщиной 300 нм. В пластине сделали круглые отверстия глубиной 500 нм и диаметром 1 и 1.5 мкм, образующие двумерную матрицу. Затем на подложку механическим способом нанесли графитовые чешуйки. Часть из них представляла собой графеновые структуры, которые покрывали отверстия подобно мембранам (это установлено на основании анализа спектров комбинационного рассеяния, а также наблюдений с помощью атомно-силового микроскопа). Оказалось, что отдельные графеновые слои в результате адгезии прикреплялись к вертикальной стенке отверстия, причем контакт происходил на длине 2—10 нм.

Механические свойства зафиксированных таким образом гра-

² Получение графенов в макроскопических количествах // *Природа*. 2009. №5. С.84—85.

³ *Lee C. et al. // Science*. 2008. V.321. P.385.

фенов исследовались с помощью атомно-силового микроскопа, оснащенного кантилевером с алмазным острием, имеющим радиус закругления 27.5 либо 16.5 нм. Измерения проводились при сканировании зондом в прямом и обратном направлениях с постоянной скоростью. Гистерезис не наблюдался, что указывает на упругий характер нагрузки. Результаты исследований полностью воспроизводятся. Усредненная величина модуля Юнга графена, определенная на основании измеренного линейного соотношения между растягивающей нагрузкой и величиной растяжения, оказалась равной 1 ± 0.1 ТПа (эксперимент, таким образом, подтвердил модельные расчеты). Величина прочности на разрыв определялась на основании прямых измерений нагрузки, приводящей к разрушению графена. Она составляет 130 ± 10 ГПа при толщине графенового слоя 0.335 нм и предельном значении относительного растяжения 0.25.

Столь высокие механические качества графенов свидетельствуют о больших возможностях их использования в нанотехнологиях.

<http://perst.issp.ras.ru>
(2008. Т.15. Вып.18).

Охрана природы

Бакланы на Байкале

Большой баклан (*Phalacrocorax carbo*) — крупная, до 1.8—3 кг, птица из отряда веслоногих. В прошлом один из самых многочисленных видов птиц на побережьях и островах Байкала, он исчез во второй половине XX в., а теперь вновь появился на озере.

Численность баклана на Байкале резко сократилась еще в конце 40-х годов: рыбаки, винившие птицу в уничтожении ценных промысловых рыб, собирали в колониях яйца, уничтожали птенцов, отстреливали взрослых особей. Ситуация усугубилась после строительства Иркутской ГЭС, когда были затоплены многие места гнездования. Еще одной причиной исчезновения вида стало резкое сокращение



Колония бакланов на скальном утесе в заливе Хул (северное побережье пролива Ольхонские Ворота).

Фото С.Н.Подберезкина

рыбных ресурсов, вызванное ростом численности населения. В итоге начиная с 1960-х годов здесь встречались лишь единичные особи, да и то крайне редко.

Неудивительно, что обнаружение в 2004 г. одиночного баклана в Чивыркуйском заливе стало для сотрудников Баргузинского государственного заповедника знаковым событием. А три года спустя на противоположной стороне Байкала, в проливе Ольхонские ворота, где вмешательство человека в окружающую среду, пожалуй, наиболее ощутимо, наша экспедиция на научном судне «Профессор Тресков» наблюдала целую колонию. В местных газетах появились и сообщения о встречах с бакланами на Малом море Байкала.

Почему же бакланы появились в таком оживленном месте, как Ольхонские Ворота? Скорее всего, дело в том, что этот пролив, соединяющий главную акваторию Байкала с Малым морем, служит проходом для рыбных косяков, следовательно, кормовые условия для птиц здесь весьма благоприятны.

© Уфимцев Г.Ф.,

доктор геолого-минералогических наук

Русинек О.Т.,

доктор биологических наук
Иркутск

География

Современная экосистема морского льда в Арктике

Наблюдения, которые проводил И.А.Мельников (Институт океанологии им.П.П.Ширшова РАН) на протяжении нескольких десятилетий, в том числе в период Международного полярного года (2007—2008), показали, что в составе ледяного покрова Арктики происходит интенсивное переобразование, а вследствие этого заметно меняются биологические сообщества, населяющие морской лед в Северном Ледовитом океане (СЛО).

По сравнению с серединой 70-х годов в последнее десятилетие существенно изменился качественный и количественный состав биоты: в общем списке ледовых водорослей в 1975—1982 гг. насчитывалось 172 таксона, а в 1997—2008 гг. — всего около 30 видов. Диатомовые водоросли, ранее преобладавшие в фитоценозе морских льдов, уступают доминирующую роль другим группам. Изменился и состав ледовой фауны: столь многочисленные в 70-е годы представители простейших и беспозвоночных (фораминиферы, тинтинниды, клещи, нематоды,

турбеллярии, коловратки, копеподы и нематоды) ныне встречаются редко или в виде фрагментов их тел. Причины различий кроются, по мнению автора, в особенностях формирования и функционирования экосистемы многолетнего и сезонного льдов.

В настоящее время морской ледяной покров СЛО динамично перестраивается с доминирования многолетних на доминирование сезонных льдов, которые принципиально различаются по своим физическим и биологическим характеристикам. Основные физические показатели различий — толщина и соленость: чем старше лед, тем он мощнее и преснее, и наоборот. При стабильном климате многолетний морской лед представляет собой целостную и устойчивую экологическую систему с постоянным видовым составом флоры и фауны. Устойчивость обеспечивается за счет среднеравновесной толщины, поддерживаемой летним стаиванием сверху и зимним компенсационным нарастанием снизу. Вертикальная структура биологических сообществ в многолетнем морском льду сохраняется в результате действия двух разнонаправленных потоков: движения кристаллической структуры снизу вверх вследствие термодинамических процессов ледотаяния и ледообразования и встречного пассивного (и/или активного) движения самих организмов сверху вниз. Зимой лед нарастает снизу на уже существующий слой, толщина которого после летнего таяния сохраняется до 2 м, поэтому организмы, заселяющие эти слои, находятся в мягких температурных условиях, близких к температуре морской воды (около -2°C), что и способствует их выживанию в зимний период.

В отличие от многолетних, сезонные льды — неустойчивая во времени экосистема. Продолжительность ее существования определяется комплексом факторов среды, главнейший из которых — температура. Формирование сезонных льдов начинается на открытой воде при низкой темпера-

туре воздуха. Когда образуются первые слои, в ледовую кристаллическую структуру нижнего слоя из воды механически захватываются планктонные организмы. Поскольку в осенне-зимний период качественный и количественный состав планктона беден, то и число включенных в лед организмов невелико, к тому же они попадают в условия сильного охлаждения (температура воздуха понижается до минус 30–40°C), и большинство организмов погибает. Весной, в период максимального ледового покрова, в его толще встречаются лишь единичные клетки водорослей, простейших и отдельные экземпляры беспозвоночных организмов. В осенний период при низкой температуре воздуха и большом количестве снега могут возникать условия для образования так называемого инфильтрационного льда. Когда вес снега становится существенным по отношению к весу самого льда, лед притапливается, в результате чего морская вода вместе с клетками планктонных водорослей поднимается по капиллярной системе к границе лед–снег. Так как снег — хороший теплоизолятор, а света в этот период еще достаточно, в слое льда создаются условия, благоприятные для развития водорослей. Их биомасса и количество синтезируемого ими органического вещества многократно превышают те же показатели в воде подо льдом. Такие льды впервые были встречены в сентябре 2000 г. во время работы научно-экспедиционного судна «Академик Федоров» в канадском секторе СЛО на 82°с.ш., 170°з.д.

Автор отмечает, что формирование инфильтрационных льдов — явление типично антарктическое и нет прямых свидетельств развития подобных льдов в СЛО, однако с учетом возрастающей роли сезонных льдов и увеличения снежных осадков можно допустить, что в будущем это явление будет наблюдаться и в Арктике.

Сравнив механизмы формирования двух типов морского льда, автор приходит к выводу, что главная причина различий между

составом биологических сообществ в 70-е годы и в последнее десятилетие объясняется тем, что сравнивались две разные по структуре и функционированию экосистемы — многолетнего и сезонного льда. В первом случае в морском льду преобладали водоросли, адаптированные к обитанию в условиях твердого субстрата и способные к передвижению в узких межкристаллических пространствах льда. Во втором случае видовой состав ледовой флоры формировался непосредственно из воды и представлен в основном типичными планктонными формами, развивающимися в нижнем слое льда или на его нижней поверхности.

Таким образом, заключает автор, в современном арктическом ледяном покрове сосуществуют две разные по составу и функционированию экологические системы — многолетнего и сезонного льда, при этом доля первой динамично уменьшается, а второй — возрастает, в результате чего экосистема пелагиали СЛО постепенно перестраивается. Если подобная динамика сохранится, не исключено, что со временем морская Арктика будет приобретать черты морской Антарктики. В самом деле, в Южном океане ледяной покров исчезает летом и восстанавливается зимой. Сезонные льды доминируют, занимая более 80% площади ледяного покрова в течение 8 мес, они развиваются к северу от 70°ю.ш., где нет продолжительной полярной ночи, а света зимой достаточно для поддержания фотосинтеза ледовой флоры. Суммарная органическая продукция Антарктики создается в основном фитопланктоном в летний период и частично флорой инфильтрационных льдов зимой. Напротив, все биологические сообщества в арктическом морском ледяном покрове развиваются в более жестких условиях. Суммарная органическая продукция в центральных районах Арктики складывается из продукции, создаваемой водорослями многолетнего льда (более 90%), и продукции водорослей сезонных льдов и фитопланктона

(менее 10%), а в районах, где доминируют сезонные льды, органическая продукция фитопланктона составляет 97–99%.

Поскольку в центральных районах СЛО экосистема пелагиали приспосабливается ныне к условиям сезонного цикла развития ледяного покрова, здесь следует ожидать рост органической продукции, создаваемой фитопланктоном, и уменьшение вклада ледовой флоры многолетних льдов. Такое развитие может привести к перестроению всей низшей трофической структуры океана и отразиться на высших звеньях трофической цепи, включая рыб, птиц и млекопитающих.

Доклады РАН. 2008. Т.4. С.817–820 (Россия).

Археология

Окультуривание риса в Китае

Новые данные получены при археологических раскопках в деревне Тяньлушань, расположенной к югу от Шанхая. Там в 2004–2007 гг. были обнаружены деревянные опоры древних домов эпохи неолита, лодочные весла, гончарные изделия, оси каменных жерновов и множество растительных остатков. Высокий уровень грунтовых вод на месте раскопок обеспечил хорошую сохранность находок.

Группу археологов возглавлял Д.Фуллер (D.Fuller, Лондонский университетский колледж), руководил раскопками Гупин Сунь (Guo-Ping Sun, Институт археологии и культурных реликвий провинции Чжэнцзян, г.Ханьчжоу). Работа велась на трех горизонтах культурного слоя. С помощью радиоуглеродного метода установлено, что их возраст 6.9–6.6 тыс. лет (все даты в калиброванных календарных годах). Изучено около 24 тыс. растительных остатков, в том числе около 2.6 тыс. рисовых колосков. Зная, что у дикого риса собранные в метелки колоски с созревшим зерном обламываются сами, а у культурных сортов — только при обмолае, ар-

хеологи смогли различить эти формы риса в находках. Выяснилось, что доля остатков колосков со следами механической обработки закономерно возрастала со временем: за 300 лет — с 27.4 до 38.8%. За тот же период в общем количестве растительных остатков, принадлежавших более чем 50 видам и включавшим, в частности, желуди и водяные орехи, доля риса увеличилась с 8 до 24%. Исследователи пришли к выводу, что 6.6 тыс. лет назад жители деревни Тяньлушань все еще в значительной степени зависели от сбора диких растений.

Судя по находкам, процесс окультуривания риса в Китае происходил медленно и примерно в то же время, когда на Ближнем Востоке началось возделывание хлебных злаков (в частности, пшеницы и ячменя)¹. Прежде многие палеоэкологи полагали, что рис в Китае начали выращивать намного раньше, еще 10 тыс. лет назад.

Хотя данных, полученных лишь из одного местонахождения, недостаточно для окончательного решения вопроса, эта работа превосходит все другие по количеству находок и тщательности их изучения.

Science. 2009. V.323. №5921. P.1607–1610 (США).

Археология

Комплексы костей животных в погребениях сарматов

Для многих археологических культур одним из явных признаков того или иного погребального обряда служит напутственная и жертвенная пища. Выбор определенной части туши животного, ее местоположение в захоронении были подчинены строгой регламентации, которая, однако, менялась с течением времени в процессе модификации как самого

погребального обряда, так и культуры в целом. Довольно ярко изменение состава жертвенных животных можно проследить, как показали исследования Е.А.Коробковой и Л.В.Яворской (Волгоградский государственный университет), у сарматов. Авторы проанализировали 66 погребальных комплексов в курганах сарматского времени, расположенных в бассейне р.Есауловский Аксай. Здесь достаточно четко отражена обрядовая преемственность всех трех сарматских культур — ранне-, средне- и позднесарматской.

Археолого-статистическое исследование показало, что в погребениях и насыпях курганов этих культур встречаются почти исключительно кости домашних животных: овцы (*Ovis aries*), лошади (*Equus caballus*), быка домашнего (*Bos Taurus*), среди которых очевидно преобладают кости овцы и крайне редко попадают кости других животных (из домашних — собаки, из диких — сайгака). Все жертвенные комплексы авторы разбили на две группы — кости, обнаруженные в насыпи кургана, условно названные ими «тризна», и кости, положенные в погребение, — «заупокойная пища».

В раннесарматских курганах кости животных в насыпях встречаются лишь в 40% комплексов. Это кости мелкого (46%) и крупного (61%) рогатого скота, причем довольно часто они лежали вместе в одной насыпи и не имели следов кухонной обработки. В качестве заупокойной пищи преобладал мелкий рогатый скот; возраст жертвенных животных не превышал трех лет. В 66% случаев, отмечают авторы, фрагмент левой стороны тела животного был положен в могилу у левой ноги погребенного. В 70% погребений этого периода встречены железные ножи, половина из которых находилась среди костей животных.

В среднесарматский период число курганов с костями животных в насыпи увеличивается до 58%, причем изменяется состав

тризны: наряду с костями крупного и мелкого рогатого скота появляются кости лошади; к тому же преобладающее большинство костей имеют следы кухонной разделки. Все кости жертвенных животных расположены у ног погребенного. Ножи обнаружены в 83% погребений.

В позднесарматских памятниках процент курганов с тризной уменьшается по сравнению со среднесарматским периодом до 46%, при этом состав костей в тризне становится разнообразнее (помимо обычного набора костных остатков мелкого, крупного рогатого скота и лошади, обнаружены кости собаки и сайгака). Следов кухонной разделки становится меньше. В составе заупокойной пищи кости крупных домашних животных встречаются реже (61% погребений), зато возрастает количество погребений, куда в качестве напутственной пищи были положены кости взрослой овцы. Следов кухонной разделки на заупокойной пище не фиксируется. Итак, по ряду признаков погребальный обряд в позднесарматской культуре изменяется как по составу ритуального остеологического комплекса, так и по его положению (большая часть костей животных расположена у головы погребенного, 37% — у левой ступни, в 20% случаев — в миске за головой). Среди костей обнаружены однолезвийные железные ножи.

О разнообразных традициях в использовании тех или иных частей туш животных свидетельствуют данные этнографии. Авторы, исходя из сведений в области этнографии, полагают, что преобладание какой-то определенной части туши животного в погребениях сарматских племен может содержать некую ритуальную символику, указывать на социальный статус погребенного, а возможно — и на этническую принадлежность того населения, которому принадлежит этот культурный памятник.

Труды II (XVIII) Всероссийского археологического съезда в Суздале. 2008. Т. II. С.33–35 (Россия).

¹ О культивировании растений см. также: Природа. 2004. №8. С.49; 2007. №8. С.78.

Биография ученого как пример жития

С.П.Горшков,

кандидат географических наук

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

Жизнь Гилберта Уайта, члена Национальной академии наук США, уникальна прежде всего тем, что в ней совместились признание его собственных научных идей, связанных с взаимодействием природы и человека, и во многом их практическое воплощение, огромная любовь не только к своим родным и близким, но и к людям вообще, которым он бескорыстно отдавал свой труд, талант, а когда требовалось, то и прямо оказывал материальную помощь за счет личных средств. Когда он знакомился с коллегами, то прежде всего определял, какие научные материалы, книги, карты, атласы он пришлет им, чтобы те могли дальше продвинуться в научной работе. Супруга Энн была рядом, всегда помогала мужу.

Общение с Гилбертом было очень полезно окружающим. Он слыл лидером, но в нем не ощущалось и намека на превосходство. Его лидерство отличали искренние доброжелательность и уважение к каждому. Там, где работой руководил Гилберт, царила обстановка дружбы, а не жесткой конкуренции. Его внешность и человеческие качества, огромные знания и неиссякаемое трудолюбие, а также скромность и простота в общении производили самое лучшее впечатление на всех, кто знал Уайта.

Судя по тому, как успешно удавалось Гилберту совмещать работу талантливого лектора, исследователя и руководителя проектов, нацеленных на реше-

ние местных, региональных и глобальных задач, он трудился всегда, а организация его творческого процесса была построена идеально.

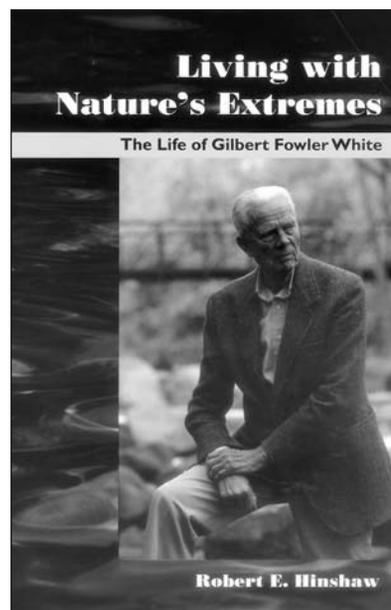
В фокусе внимания Уайта, конечно же, стояли общечеловеческие проблемы, которые перешли в XXI в. и стали еще более актуальными. Вот основные из них: недопустимый контраст между богатой и бедной частями человечества; растущий дефицит водных ресурсов; поиск противодействия усиливающимся стихийным бедствиям; необходимость сохранения быстро разрушающихся систем жизнеобеспечения; роль географии в поисках выхода на траекторию устойчивого развития.

Все, что сделал Гилберт Уайт, не приобрело бы такого значения, если бы он не анализировал собственных результатов и не искал путей к самосовершенствованию, в чем ему помогла, в частности, работа Р.Джонса «Толкование квакерства»*, которая произвела на него глубокое впечатление.

Но не только это. Американист Гилберт Уайт был одновременно человеком мира. Его сделали таким природное трудолюбие и раннее приобщение к гуманитарным знаниям и наукам о Земле.

«Эта биография — типичное описание сделанного и достиг-

* Квакеры (от англ. quakers, буквально — трясущиеся) — члены религиозной христианской общины, отвергающей институт священников и церковные таинства. Согласно их учению, человек может вступать в непосредственный контакт с Богом. — *Примеч. ред.*



R.E. Hinshaw. LIVING WITH NATURE'S EXTREMES. THE LIFE OF GILBERT FOWLER WHITE.**

USA: Colorado, 2006. 339 p.

***Р.Е.Хиншоу.* Среди стихийных бедствий. Жизнь Гилберта Фуулера Уайта.

нутого в карьере, но равно является и примером просто жизни — любви к людям и миру, в котором человек нашел себя», — пишет Р.Хиншоу.

Мальчик родился 26 ноября 1911 г. Родители не имели высшего образования, и мать очень настаивала, чтобы у Гилберта оно было. Он окончил начальную школу и поступил в среднюю — при Университете Чикаго. Учебный план включал историю, географию, социологию, экономику, политику и культурное наследие (искусство и музыку). Преподаватели отмечали, что Гилберт в свои 16 лет был интеллектуально развит не по годам. В течение всей карьеры Гилберту сильно помогала великолепная память.

Ему еще не было 17, когда в 1928 г. он был принят в Университет Чикаго. В 1933-м стал дипломированным специалистом. В 22 года Гилберт оказался в нужном месте в нужное время: в Администрации Белого дома, где велась борьба с Великой депрессией. Здесь он участвовал в первой и последней попытке централизации национального планирования. В течение всей жизни Гилберт тщательно выбирал слова, когда говорил, и предпочитал внимать другим и задавать им вопросы, нежели высказывать свое мнение. Однако когда он говорил, его всегда слушали. Он вел дневник, посещал сеансы медитации квакеров. По большому счету он был агностиком, поэтому его привлекал формат квакерских собраний.

В жизни и карьере Гилберт всегда тщательно выбирал цель и средства ее достижения. Перед началом 1941 г. он составил план: совершенствовать технику релаксации, не пить и меньше курить, минимизировать использование слов-преувеличений и резких слов, избавиться от зависти, совершить одно благотворительное действие для квакеров, не забывать маму и сестру Джулию, отложить 1 тыс. долл., быть простым, изучить приемы оказания первой помо-

щи, учить философию, получить степень кандидата наук. Ежедневно 20—30 мин он посвящал гимнастике и сосредоточению. На каждое из этих занятий, как он подсчитал позже, было потрачено по году жизни.

Организация квакеров открывала офисы в Европе, и когда понадобилось расширение штата в Марселе, Гилберт был призван именно туда. Во время войны он был интернирован в лагерь в Баден-Бадене, где содержался вместе с другими 137 американцами с января 1943-го по февраль 1944 г. Репатриация произошла в рамках обмена военнопленными между США и Германией.

28 апреля 1944 г. Гилберт Уайт и Энн Ундервуд поженились. Весной 1946-го Уайту была предложена работа в качестве президента Хаверфордского колледжа, где традиции квакерства высоко чтились и неукоснительно соблюдались.

В 1949 г. он возглавил первую научную конференцию, посвященную охране природных ресурсов, а затем с 1953 по 1956 г. работал в Комитете по исследованию аридной зоны США. Решение, по мнению Уайта, сводилось к тому, чтобы вовлекать большее количество земель в ирригацию, при этом экономя воду и повышая эффективность ее использования.

Его волновала проблема обогащения малой группы людей за счет всех остальных. Гилберт балансировал между оптимизмом и реализмом, но никогда не отчаивался. Он верил в коллективную способность к морально ответственным решениям в политике, если наука сможет довести свои идеи до политиков вовремя. В 1952 г. он участвовал в конференции фонда Форда, которая привела к созданию экспериментального Института ресурсов для будущего.

Череда наводнений в США с 1954 по 1965 г., приведшая к многомиллиардным потерям, стала причиной более чем тысячи смертей и увеличила феде-

ральные расходы на помощь с 52 млн в 1952 г. до 374 млн в 1966-м. В 1959 г. в Сенате (верхней палате Конгресса) был учрежден Комитет по национальным водным ресурсам. Главной его функцией было снабжать Конгресс идеями и проектами законов по управлению зонами затопления. Гилберт участвовал в написании итогового отчета. Так как он чувствовал себя ответственным за национальную программу страхования от наводнений, то до конца своей карьеры дорабатывал ее и продвигал в Конгрессе, где прислушивались к его рекомендациям.

Успешным оказалось вовлечение Уайта в программу по созданию карты опасных для заселения земель, подверженных наводнениям. Программа была выполнена Северо-Восточной метрополитанской комиссией по планированию.

Уайта избрали президентом Ассоциации американских географов в начале 1960-х. В 1962—1963 гг. он работал в статусе приглашенного профессора в Оксфордском университете. К окончанию этой работы он уже шесть лет как возглавлял организацию квакеров на национальном уровне. Одной из важных задач для него было нахождение консенсуса при растущих противоречиях внутри организации. Его приверженность науке не принималась во внимание внутри организации. В 1969 г. он сложил с себя полномочия президента Общества квакеров.

Еще в середине 1960-х в Университете штата Колорадо в городке Боулдер был открыт Институт поведенческих наук, Гилберт был приглашен в качестве президента этого института, а спустя некоторое время приступил к работе в этом учебно-научном центре в должности профессора географии. Кроме того, до конца 1970-х Уайт участвовал в качестве консультанта в комитете ООН по водно-хозяйственному использованию р.Меконг.

Работа в комитете по Меконгу привела Гилберта к пониманию того, что планирование использования и развития любой крупной реки предполагает соблюдение интересов многих сторон и требует согласия даже среди политических противников. Он надеялся, что войны в Юго-Восточной Азии можно избежать. Его роль как географа-консультанта ООН при обсуждении кооперативного использования р.Меконг добавила ему веса во время вьетнамской войны.

Наверное, самым болезненным и сложным в жизни Гилберта был 1968 год, когда он проводил антивоенные акции в университете и в Белом доме.

На средства, выделенные комиссией по взаимодействию между человеком и окружающей средой, в 1969 г. Гилберт совместно с Р.Кейтсом и И.Бартоном выпустил первый научный обзор местных, национальных и глобальных опасностей. В нем были данные о циклонах, наводнениях, засухах, проблемах снега, вулканической активности, землетрясений и др.

Теперь пять вопросов, которые Уайт задавал в связи с наводнениями в США, повторялись на глобальном уровне. В чем природа физических опасностей? Каким образом человечество приспосабливается к этим опасностям? Каков диапазон возможных действий, которыми люди могут ответить на эти опасности? В чем причина различий таких ответных действий, какова их зависимость от места действия? Каковы должны быть изменения общественной политики, чтобы люди могли выбирать различные меры защиты?

С 1974 г. работа Уайта была тесно связана с деятельностью Центра природных катастроф, который он основал. Тем самым Гилберт все больше вовлекался в междисциплинарные исследования взаимоотношений между

управлением природными ресурсами и устойчивостью экосистем. С 1976 по 1982 г. Уайт возглавлял Научный комитет по проблемам окружающей среды (СКОПЕ) при ООН. Одним из разочарований в конце 1980-х для Гилберта стало уменьшение его влияния на Национальную академию наук.

1990-е годы принесли не только разочарования в том, как развивалась политика в управлении природными процессами, но и личную беду. Здоровье Энн начало ухудшаться после их поездки в Китай: обнаружили рак. Она умерла в 1989 г.

В возрасте 75 лет Уайт пришел к выводу, что будущее состояние планеты, соединяющее природные и социальные системы, больше зависит от поведения человека, чем от природных явлений. Если в 1970-х годах Гилберт концентрировал внимание на энергетической политике, то в 1990-х — на размещении токсичных ядерных отходов, и все время — на деградации окружающей среды и неправильном управлении природными ресурсами.

Все люди, знакомые с Уайтом, неизменно восхищались его личными качествами. Он выделялся скромностью, отсутствием эгоизма, уважительным отношением ко всем, способностью слушать, добротой, щедростью, лояльностью, правдивостью.

Энн все 45 лет замужества сотрудничала с мужем и поддерживала его. Близкие друзья отмечали, что она была равна Гилберту по уму. Второй его женой стала Клэр Шэридан, которая скрасила его зрелые годы.

К тому, что сказано в книге об академике Национальной академии наук США Гилберте Уайте, добавим, что он был также иностранным членом Академии наук СССР. Летом 1976 г. он приехал на XXIII Географический конгресс и руководил работой симпозиума «Человек и сре-

да», проходившего на теплоходе в рамках маршрута Ростов-на-Дону—Казань. Тогда многие наши ученые получили возможность работать с Уайтом, и это сотрудничество не прерывалось более 20 лет. Многим он присылал книги, изданные за рубежом, которых не было в наших библиотеках.

У Гилберта было много коллег, друзей и знакомых, особенно в Институте географии АН СССР и на географическом факультете МГУ им.М.В.Ломоносова. Показателен тот факт, что свой 80-летний юбилей он отметил на ученом совете Института географии АН СССР. К тому времени в США на английском языке и в СССР на русском вышла монография «Меняющийся мир: географический подход к изучению». Книга была написана многими американскими и российскими учеными. Научными руководителями проекта были академики Г.Уайт и В.Котляков. Годом раньше издательство «Прогресс» выпустило в свет однотомник трудов Уайта под названием «География, ресурсы, окружающая среда».

Как-то зимой в конце 1980-х, когда даже в Москве из магазинов почти исчезли мясные и молочные продукты, Гилберт приехал из Вены и с рюкзаком разносил консервы по домам своих друзей и знакомых. Он, как и Энн, был безгранично добрым человеком, всегда и везде стремился быть полезным конкретным людям, обществу, странам, куда приезжал, и всему миру. Уайт очень высоко оценивал личность и научное наследие В.И.Вернадского и своими человеческими качествами, работоспособностью, научным творчеством и практическими результатами напоминал нашего великого соотечественника. Нет никакого сомнения в необходимости перевести и издать в России книгу Р.Хиншоу о Гилберте Уайте. ■

Физика. История науки

ВОСПОМИНАНИЯ О ФЕЛИКСЕ АЛЕКСАНДРОВИЧЕ БЕРЕЗИНЕ — ОСНОВАТЕЛЕ СУПЕРМАТЕМАТИКИ / Сост. Е.Г.Карпель, Р.А.Минлос. Под ред. Д.П.Лейтеса, И.В.Тютнина. М.: МЦНМО, 2009. 384 с.

«...Каждый студент, — говорится в предисловии, — и каждый физик-теоретик, занимающийся современной теорией поля или теорией струн, знает об интеграле Березина по гроссмановым переменным. Интегрирование по Березину составляет основу нынешнего подхода к теориям с фермионами и квантования калибровочных теорий (введение духов Фаддеева—Попова). Без использования интеграла Березина исследования в области теории струн и суперсимметрии — центральных тем современной теоретической физики высоких энергий — были бы чрезвычайно затруднены, если вообще возможны».

В сборнике опубликованы как научные статьи, в которых рассказывается об открытиях Березина, так и воспоминания его родных, коллег, учеников.

Березин родился в 1931 г., а в 1980-м трагически погиб. С 1956 г. работал на механико-математическом факультете МГУ. Заветной мечтой Феликса Александровича было построить непротиворечивую квантовую теорию поля. Свою деятельность он рассматривал как предварительный подход к этой трудной проблеме.

Почти все свои годы на мехмате он руководил семинаром по математической физике. Человек широких интересов и большой эрудиции, он был исключительно скромным, благородным и абсолютно неприятельным.

Биология

Б.С.Мамонтов. ЗВЕРИ ЮЖНОГО ПОДМОСКОВЬЯ. Изд. 2-е. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 80 с.

Это шесть очерков о ценных крупных млекопитающих, обитающих в опытном лесном хозяйстве «Русский лес» и Приокско-террасном государственном природном биосферном заповеднике. Каждый очерк включает в себя краткое описание вида и места его обитания. Перед нашими глазами проходят дикий лесной бык — зубр, самое крупное животное Европы, самый крупный из всех оленей — лось (сохатый), а также европейский олень, который имеет несколько названий. В европейской части России он — благородный олень, а на Урале, в Сибири и Приморье — марал, изюбр. Самый стройный из наших оленей с ветвистыми рогами — пятнистый. Интересно описан кабан (он же вепрь). Особое внимание автора привлекает бобр — символ трудолюбия.

Экология

Ю.И.Чернов. ЭКОЛОГИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ: Избранные работы. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2008. 580 с.

В сборнике представлены работы, раскрывающие общие вопросы экологии и биогеографии, в том числе и пограничные между этими науками. Большое место уделено трактовке ряда ключевых понятий, принципам биогеографических построений, а также методам изучения взаимоотношений и организации многовидовых сообществ растений и животных. Автором рассмотрены следующие проблемы: роль природной зональности в процессах формирования живого покрова Земли; климатические тренды биологичес-

кого разнообразия; адаптация к зонально-климатическим условиям; эволюция на биоценоцидном уровне организации жизни; связь географического распределения с филогенетическим уровнем организмов и механизмы глобального биотогенеза; блочный принцип организации биоты и роль экологической целостности таксонов в освоении различных типов географической среды; компенсационные механизмы в сообществах; общие особенности экологии экстремальной среды. Хотя исследования проводились в разных географических зонах — от полярных пустынь до тропических лесов — основные методические разработки и концептуальные построения автор выводит из материалов, относящихся к животному миру Арктики.

Краеведение

Севастьянова А.А. ЖИЗНЬ В ЦЕНТРЕ РАЯ. СОВЕТСКИЙ РАЙЦЕНТР 50-х — 60-х годов XX века. М.: Древлехранилище, 2008. 136 с.

Что известно о провинциальном микромире середины XX в.? История недалекая, но велики перемены в обыденной послевоенной жизни райцентра, расположенного, допустим, в глубине Мещерских лесов. Уже плохо помнится, как протекало в провинции время поворотов и перемен, не всегда видится, что они спасли и сохранили в себе, а от чего отреклись. Спасает литература — Солоухин, Шукшин, Астафьев. Но литература, — считает автор, — не может взять на себя ответственность за историческую документальность. В книге развертывается подлинная картина жизни в старом торговом селе, с 1920 г. городе-райцентре Спас-Клепики.

Старая сказка об атлантах

А.Ю.Журавлев,
доктор биологических наук
Москва

Если отрешиться от километров страниц, написанных об Атлантиде в XX в. и в первые годы XXI в., в сухом остатке окажется несколько абзацев из двух не полностью сохранившихся диалогов великого Платона (427–347 гг. до н.э.) — «Тимей» и «Критий». В них Атлантида описывается со слов Крития, передающего рассказ одного из семи греческих мудрецов, Солона (между 640 и 635 г. — ок. 559 г. до н.э.) как «сказание, привезенное им сюда из Египта». Платон, отдавая должное устройству царства атлантов, подчеркивает, что их разбили далекие предки его современников, т.е. дикие греческие племена. Почему же атланты не воспользовались своим чудо-оружием или сверхразумом, которыми наделяют их современные авторы?

Философ разместил Атлантиду за Геракловыми столпами (Гибралтаром), на острове, который, впрочем, «превышал своими размерами Ливию и Азию, вместе взятые», т.е. известные грекам территории Африки и Азии. По Платону, примерно с Европу был по площади остров. После же гибели Атлантиды, погрузившейся в пучину, «море в тех местах стало вплоть до сего дня несудоходным и недоступным по причине обмеления». Географическая часть диалога «Тимей» легко проверяется геологическими методами. А они — увы! — не выявляют в Атлантическом океане обширных затонувших территорий за всю его историю со времени зарождения самого океана (он начал раскрываться около 215 млн лет назад).

Некоторые геологи и археологи пытаются привязать мифическую Атлантиду к вполне реальной минойской культуре о.Тира (он же Фера, он же Санторин) потому, что остров до извержения вулкана (в 1470 или 1500 г. до н.э.) мог иметь форму кольца, а Платон-де имел в виду совсем иные Геракловы столпы, где-то на Пелопоннесе. Сам же великий философ довольно точно обрисовал пределы греческой ойкумены: «мы живем лишь на небольшой части земли от Фасиса до Геракловых столпов, расположившись вокруг моря, как муравьи или лягушки вокруг болота». «Болото» — это весь Средиземноморский бассейн, включая Черное и Азовское моря; Фасисом называли р.Риони в Колхиде, где располагались самые восточные греческие колонии, а самые западные находились в Испании, у Геракловых столпов. С колониями метрополия поддерживала постоянные торговые отношения морем. Даже из Британии возили олово, как сообщал Диодор Сицилийский. А Пифей, возможно, еще при жизни Платона достиг берегов Норвегии. Вот еще одна привязка, тоже из «Тимея»: «а сверх того, по эту сторону пролива они [атланты] овладели Ливией вплоть до Египта и Европой вплоть до Тиррении». Потому не стоит приписывать Платону незнание географии.

Какие же удивительные вещи можно увидеть в царстве атлантов со слов Платона? «...Прежде всего любые виды ископаемых твердых и плавких металлов, и в их числе то, что ныне известно лишь по названию, а тогда существовало на самом деле: са-

мородный орихалк, извлекавшийся из недр земли в различных местах острова...» Во времена Платона орихалк, или аурихалк (латунь, т.е. сплав меди и цинка) действительно был металлом, «по ценности уступавшим... только золоту» (римляне даже использовали его, наряду с золотом и серебром, для чеканки монет). Однако ни сейчас, ни тогда самородная латунь не добывалась по причине того, что образуется она в дозах, которые способны «увидеть» лишь мощные аналитические приборы.

«Далее, все благоволия, которые ныне питает земля, будь то в корнях, в травах, в древесине, в сочащихся смолах, в цветах или в плодах, все это она рождала там и отлично взращивала. Притом же и всякий нежный плод и злак, который мы употребляем в пищу или из которого готовим хлеб, и разного рода овощи, а равно и всякое дерево, приносящее яства, напитки или умащения... все это тогда под воздействием солнца священный остров порождал прекрасным, изумительным и изобильным».

Столь длинная цитата из диалога «Критий» здесь понадобилась, чтобы обратить внимание на платоновскую идеализацию Атлантиды. Идеализация эта доходит до уровня сказочного тридевятого царства в тридцатом государстве с молочными реками, кисельными берегами и золотыми дворцами: «Всю внешнюю поверхность храма, кроме акротериев, они выложили серебром, акротерии же — золотом; внутри взгляду являлся потолок из слоновой кости, весь изукрашенный золотом, сере-

ром и орихалком...» Пытаясь превознести атлантов, Платон не только настроил им золотых дворцов, но и наделил их всеми видами культурных растений. Возможно, его слушатели и не заметили подвоха, но человека, знакомого с основами современной биогеографии, особенно с трудами Николая Ивановича Вавилова, сразу насторожит такое изобилие. Гениальный биолог обнаружил, что все разнообразие культурных растений происходит из 12 центров, где эти растения возникли, были введены в культуру и где

сосредоточено их наибольшее генетическое разнообразие. Эти центры примерно соответствуют территориям основных земледельческих цивилизаций. Причем не было ни одной цивилизации, которая не создала бы свои сорта культурных растений, а также породы скота. Оттуда они затем распространялись по странам и континентам. Исключение — Атлантида, которой Платон приписал чужие достижения в сельском хозяйстве (а если их вычесть, не останется ровным счетом ничего своего). Будь Атлантида действительно

развитым государством, тем более мостом между Старым и Новым Светом, будь она вообще, остались бы десятки культур и пород неизвестного происхождения. Но таких нет...

И неудивительно. Ведь Платон писал не о реальном государстве, а об идеальном. (И, заметьте, не упоминал никаких пирамид, которые, по мнению «атлантологов», и есть важнейшее доказательство единства древних цивилизаций.) Потому и спрятал концы в воду.

Читайте Платона, господина атлантолога. ■

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы
О.О.АСТАХОВА
Л.П.БЕЛЯНОВА
Е.Е.БУШУЕВА
М.Ю.ЗУБРЕВА
Г.В.КОРОТКЕВИЧ
К.Л.СОРОКИНА
Н.В.УЛЬЯНОВА
Н.В.УСПЕНСКАЯ
О.И.ШУТОВА

Литературный редактор
С.В.ЧУДОВ

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
С.В.ЧУДОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
М.В.КУТКИНА
Л.М.ФЕДОРОВА

Графика, верстка:
А.В.АЛЕКСАНДРОВА

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

Учредитель:
Российская академия наук,
президиум
Адрес издателя: 117997,
Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119049,
Москва, Мароновский пер., 26
Тел.: (499) 238-24-56, 238-25-77
Факс: (499) 238-24-56
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 15.05.2009
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 320
Набрано и сверстано в редакции

Отпечатано в ППП типографии «Наука»
Академиздатцентра «Наука» РАН,
121099, Москва, Шубинский пер., 6