

Познавательный журнал для хороших людей

# НАУКА

из первых рук

[www.scfh.ru](http://www.scfh.ru)

2<sup>(38)</sup> ● 2011

УРОКИ  
КОПТЮГА

УГЛЕРОД  
С ПЛЮСОМ

ПЛАНЕТА  
У НАС  
ОДНА

ЗА ПЕРЕВАЛОМ  
САЙЛЮГЕМ

ISSN 18-10-3960



*Без страха  
и упрёка*



«Необходимость в накоплении конкретных знаний о реализации генетической информации диктуется не только невообразимой сложностью живых организмов, но и отсутствием «типовых конструкций» в рамках каждого биологического вида, включая человека. Поэтому в биомедицинские исследования, ориентированные на поиск методов лечения «больных, а не болезней», привлекается все большее число разнообразных живых генетических моделей»

на стр. 76

На первой стороне обложки – академик Валентин Афанасьевич Коптюг, 1981 г.  
(Архив Президиума СО РАН, фото В. Новикова)

**2.** 2011  
научно-популярный журнал



# НАУКА

из первых рук



## В НОМЕРЕ:

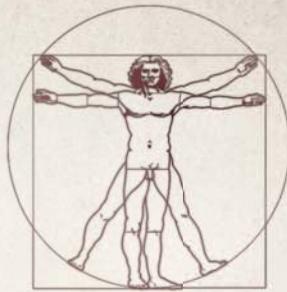
В. А. Коптюг: «Потеря научных школ и высококвалифицированных технических и технологических кадров, если она наложится на развал экономики, отбросит нашу страну надолго, а может быть насовсем, на задворки мировой цивилизации»

Стратегия устойчивого развития до сих пор остается для человечества единственно возможным выходом из хаоса, экологических катастроф и социальных взрывов

Центры генетического разнообразия лабораторных животных входят в научно-технологический комплекс, призванный решать одну из главных задач государства – поддержание здоровья нации

Лучшим полигоном для тестирования геофизических моделей являются... археологические раскопки, где любой прогноз проверяется в течение одного полевого сезона

Познавательный журнал  
для хороших людей



#### Редакционная коллегия

главный редактор  
акад. *Н.Л. Добрецов*

заместитель главного редактора  
акад. *В.В. Власов*

заместитель главного редактора  
акад. *В.Ф. Шабанов*

ответственный секретарь  
*Л.М. Панфилова*

акад. *М.А. Грачев*

акад. *А.П. Деревянко*

чл.-кор. *А.В. Латышев*

чл.-кор. *Н.П. Похиленко*

акад. *М.И. Эпов*

к. ф.-м. н. *Н.Г. Никулин*

#### Редакционный совет

акад. *Л.И. Афтанас*  
чл.-кор. *Б.В. Базаров*  
чл.-кор. *Е.Г. Бережко*  
акад. *В.В. Болдырев*  
чл.-кор. *А.Г. Дегерменджи*  
д.м.н. *М.И. Душкин*  
проф. *Э. Краузе (Германия)*  
акад. *Н.А. Колчанов*  
акад. *А.Э. Конторович*  
акад. *Э.П. Кругляков*  
акад. *М.И. Кузьмин*  
акад. *Г.Н. Кулипанов*  
д. ф.-м. н. *С.С. Кутателадзе*  
проф. *Я. Липковски (Польша)*  
чл.-кор. *Н.З. Ляхов*  
акад. *Б.Г. Михайленко*  
акад. *В.И. Молодин*  
д.б.н. *М.П. Мошкин*  
чл.-кор. *С.В. Нетесов*  
д.х.н. *А.К. Петров*  
проф. *В. Сойфер (США)*  
чл.-кор. *А.М. Федотов*  
д. ф.-м. н. *М.В. Фокин*  
д.т.н. *А.М. Харитонов*  
чл.-кор. *А.М. Шалагин*  
акад. *В.К. Шумный*  
д.и.н. *А.Х. Элерт*

«Естественное желание хороших  
людей — добывать знание»

Леонардо да Винчи

#### Периодический научно-популярный журнал

Издается с января 2004 года

Периодичность: 6 номеров в год

Учредители:

Сибирское отделение Российской  
академии наук (СО РАН)  
Институт физики полупроводников  
им. А.В. Ржанова СО РАН  
Институт археологии и этнографии  
СО РАН  
Лимнологический институт СО РАН  
Институт геологии и минералогии  
им. В.С. Соболева СО РАН  
Институт химической биологии  
и фундаментальной медицины СО РАН  
Институт нефтегазовой геологии  
и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН  
ООО «ИНФОЛИО»

Издатель: ООО «ИНФОЛИО»

Адрес редакции:  
630055, Новосибирск,  
ул. Мусы Джалиля, 15  
Тел.: +7 (383) 332-1540, 332-1448  
Факс: +7 (383) 332-1540  
e-mail: zakaz@info-press.ru  
e-mail: editor@info-press.ru

[www.ScienceFirstHand.ru](http://www.ScienceFirstHand.ru)

Журнал зарегистрирован  
в Федеральной службе по надзору  
в сфере связи, информационных  
технологий и массовых коммуникаций  
(Роскомнадзор)

Свидетельство ПИ № ФС77-37577  
от 25 сентября 2009 г.

ISSN 1810-3960

Тираж 2 000 экз.

Отпечатано в типографии  
ООО «ИД "Вояж"» (Новосибирск)

Дата выхода в свет 07.06.2011

Свободная цена

Перепечатка материалов только  
с письменного разрешения редакции

© Сибирское отделение РАН, 2011  
© «ИНФОЛИО», 2011

#### Над номером работали

*Л. Беляева*  
*А. Владимиров*  
*С. Коротаев*  
к. ф.-м. н. *Д. Майничев*  
к. б. н. *Л. Овчинникова*  
*Л. Панфилова*  
*М. Третьякова*  
*А. Харкевич*

Дорогие друзья!

В фокусе нового выпуска журнала – материалы, посвященные Валентину Афанасьевичу Коптюгу, выдающемуся ученому и организатору науки, патриоту и государственному деятелю. Семнадцать лет он возглавлял Сибирское отделение Академии наук – почти столько же, сколько и его основатель М.А. Лаврентьев. И если можно выразить в одной фразе смысл его жизни, то это будут слова самого Коптюга, сказанные им в память о первом председателе отделения: «...бессмертны дела людей, направленные на благо обществу».

Бывают такие исторические моменты, когда воля, организаторский талант и целеустремленность одного человека определяют настоящее и будущее целого сообщества. Валентин Афанасьевич возглавил Сибирское отделение в самый тяжелый период жизни страны, когда перестройка государственной системы сопровождалась кризисом в экономике и, как следствие, в отечественной науке. Он с честью выдержал это испытание, в труднейших условиях начав системную перестройку отделения. Показательный пример: кривая капитальных вложений в Сибирское отделение Академии наук имеет два максимума – «пик Лаврентьева», связанный со строительством новосибирского Академгородка, и «пик Коптюга», отражающий развитие региональной сети научных центров и институтов СО РАН. При Валентине Афанасьевиче в дополнение к шести уже существующим региональным центрам получили официальный статус еще три – Тюменский, Омский и Кемеровский.

Благодаря Коптюгу Сибирскому отделению удалось сохранить свое лицо и высокую значимость для отечественной науки, чему способствовали усилия, направленные на поддержание самого главного – научных кадров. Ему удавалось следовать стратегическим замыслам, оперативно и гибко реагировать на меняющиеся условия, но в то же время сохранять то главное, что заложили в отделение его основатели: мультидисциплинарность и высокий уровень фундаментальных научных исследований; нацеленность на продвижение научных результатов от идеи до реализации в регионе, стране или за рубежом; поддержание ведущих научных школ отделения молодыми кадрами, обеспечение высокого уровня образования.

Забываясь о других, себя Коптюг не щадил: работая ежедневно до поздней ночи, он жил «в состоянии монотонно нарастающего напряжения». За 17 лет председательства в СО РАН у него остались неиспользованными 650 дней отпуска – почти два года жизни...

Валентин Афанасьевич не оставил мемуаров, но из его выступлений, воспоминаний друзей, коллег и соратников предстает образ настоящего «рыцаря без страха и упрека», кристально честного, несгибаемого в отстаивании своих принципов и вместе с тем скромного, приветливого в общении с людьми независимо от их социального статуса. Сам о себе он сказал строчкой собственных стихов, обнаруженных в его бумагах: «Кто ж я? – Мастеровой и хулиган, с душою работающей и мятежной, порой упрямой, а порою нежной».



Уроки Коптюга и в наши дни не утратили своей значимости, тому есть множество примеров. Один из них касается глубокой специализации науки, которую Коптюг считал преградой на пути к устойчивому развитию общества – идеи, глубоко его захватившей. Убеденный в необходимости комплексного подхода к решению насущных проблем человечества, он всемерно поддерживал межинститутское сотрудничество и создание центров коллективного пользования с мощной приборной базой как потенциальных центров интеграции специалистов из разных областей знания.

В новом выпуске мы рассказываем о практической реализации этих принципов на примере совместной работы археологов и геофизиков по поиску древних культурных памятников в Северной Монголии и деятельности самого «молодого» сибирского ЦКП «SPF-виварий», где уже сейчас объединяют свои усилия ученые десяти академических институтов разного профиля.

Очень важно, что в выпуске предоставлено слово самому В.А. Коптюгу – в ранее неопубликованных статьях, письмах, стихах; его соратникам – Н.Л. Добрецову, О.М. Нефедову; ученикам – А.К. Петрову, В.Д. Штейнгарцу, В.Г. Шубину; сыновьям В.А. Коптюга – Игорю и Андрею; «наследникам» В.А. Коптюга, развивающим мультидисциплинарные исследования, – М.П. Мошкину, В.И. Молодину, Н.В. Полосмак. Их статьи очень разные, но в совокупности, вместе с отрывками из книги «Эпоха Коптюга», они создают очень яркое, живое полотно.

В своем последнем отчетном докладе 30 октября 1996 г. Валентин Афанасьевич сказал: «Наука в Сибири продолжает держаться, и возрождение российской науки пойдет из Сибири. Нам надо поработать так, чтобы это реализовалось». За прошедшие пятнадцать лет сибирской науке удалось преодолеть не все трудности, о которых предупреждал Валентин Афанасьевич, но все же ситуация изменилась кардинально – и это лучшая дань памяти этому замечательному человеку и гражданину.

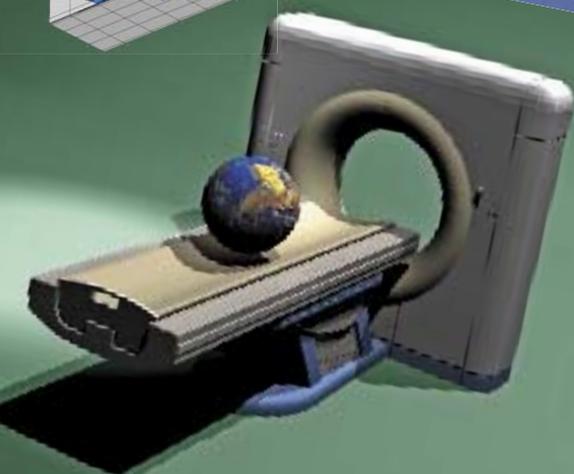
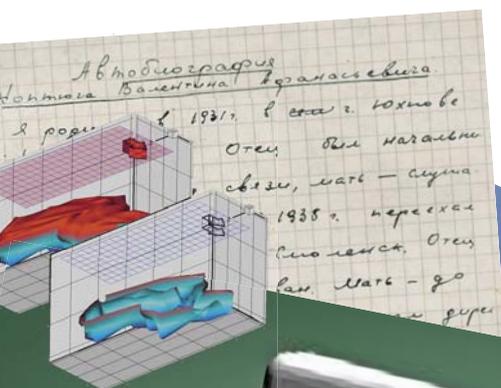
академик *Н.Л. Добрецов*,  
главный редактор



**В. А. КОПТЮГ:** «образование и наука становятся решающими факторами борьбы человечества и каждой страны за выживание в условиях нарастания глобальных проблем при вступлении в XXI в. **С. 36**

Производство **МОТОРНОГО ТОПЛИВА** с высоким октановым числом основано на способности **КАРБОКАТИОНОВ** к внутренним перегруппировкам. **С. 58**

С помощью бесконтактных технологий **ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА** можно исследовать и железобетонные конструкции, и знаменитую Мону Лизу. **С. 68**



**.01**

**ИСТОРИЯ НАУКИ. СУДЬБЫ**

- 8 **Н. Л. Добрецов**  
Уроки Коптюга
- 20 **В. А. Коптюг**  
Страницы детства и юности
- 32 **О. М. Нефедов**  
От химии к устойчивому развитию
- 36 **В. А. Коптюг**  
Повестка дня на XXI век.  
Концепция устойчивого развития  
и социально-политические движения
- 52 **А. К. Петров**  
Планета у нас одна

**.02**

**ФАКУЛЬТЕТ**

- 58 **В. Г. Шубин, В. Д. Штейнгарц**  
Углерод с плюсом

**.03**

**НАУЧНАЯ МАСТЕРСКАЯ**

- 68 **И. В. Коптюг**  
ЯМР: раздвигая границы возможного



Если современные тенденции роста мировых **РАСХОДОВ на ПРОТИВОРАКОВЫЕ ПРЕПАРАТЫ** сохранятся, к 2027 г. они достигнут 300 млрд долл. ежегодно. **С. 90**

По Геродоту, персы принимали важные решения только в состоянии алкогольного опьянения, а согласно зороастрийской «Авесте», питье **СВЯЩЕННОЙ ХАОМЫ** даровало «всестороннее знание». **С. 112**

В материалах, посвященных В. А. Коптюгу, использованы фото Р. Ахмерова, В. Короткоручко, В. Новикова, А. Полякова, В. Урбазаева, фото из семейного архива В. А. Коптюга, архивов Президиума СО РАН, МХТИ им. Д. И. Менделеева, НИОХ СО РАН и материалы изданий «Академик Валентин Афанасьевич Коптюг» (1997) и «Эпоха Коптюга» (2001)



**.04**

**ЧЕЛОВЕК**

- 76 **Н. А. Колчанов, М. П. Мошкин, Р. З. Сагдеев, В. К. Шумный**  
Сибирский центр генетических ресурсов – три года спустя
- 90 **А. В. Коптюг, Е. В. Мамонтов, Ю. Г. Суховой**  
На пути к персонализированной медицине

**.05**

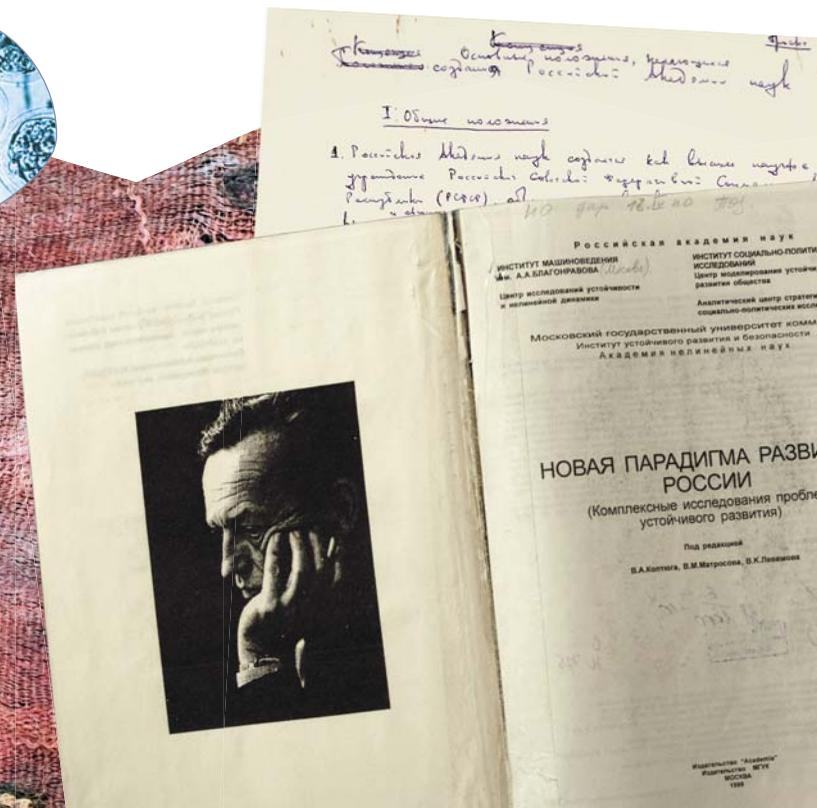
**ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ЭКСПЕДИЦИЙ**

- 98 **В. И. Молодин**  
За перевалом Сайлюгем...

**.06**

**ГИПОТЕЗЫ И ФАКТЫ**

- 112 **Н. В. Полосьмак**  
История, вышитая шерстью

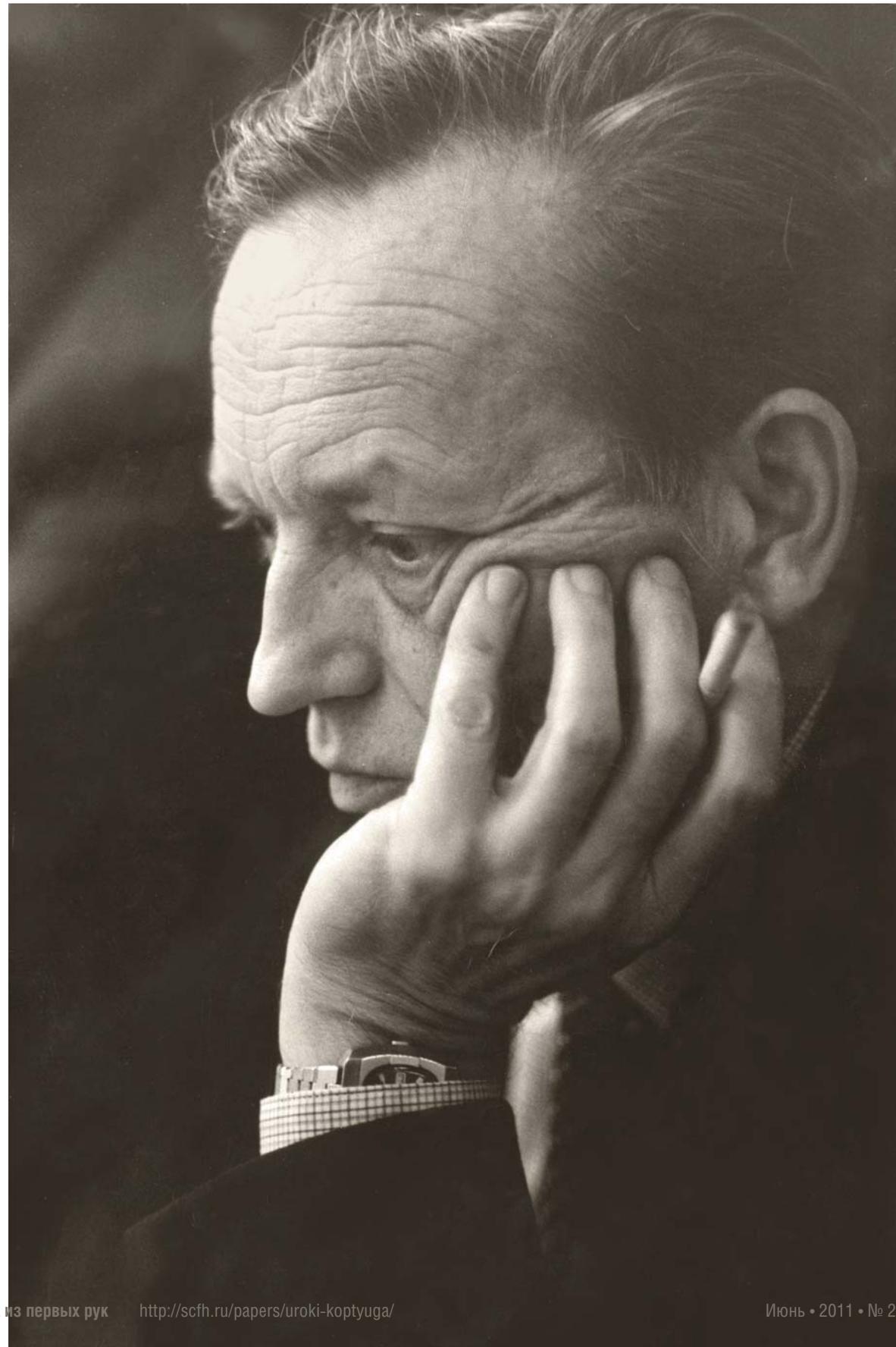


«Интеллигенция всегда была и будет в первую очередь ответственной за то, что происходит в стране. Фактически с ее позиции начиналась наша перестройка, именно в ее среде формировались первые волны неприятия тоталитаризма и загнивания, искажения идей социализма и реальной демократии.

Перефразируя одного из классиков, можно сказать так: у русского интеллигента не поймешь, чего он хочет больше – демократии или осетрины с хреном. Если исходить из того, что у каждого, кто причисляет себя к интеллигенции, были свои внутренние убеждения, то число поменявших их сегодня на прямо противоположные огромно. А это, скорее всего, значит, что собственные убеждения были недостаточно глубоки, а быстрая их смена – свидетельство того, что многие, нередко втайне от самих себя, предпочитают занимать конъюнктурную, а не гражданскую позицию.

С моей точки зрения, интеллигенция сыграет важную роль в реализации реформ, которые действительно необходимы России, если у ее представителей будет четкая, мужественная, гражданская позиция, если она не будет остерегаться высказывать свои убеждения, основанные на более обширных знаниях, более широком кругозоре, чем у других слоев общества, и осознанно сделает свой исторический выбор».

Константин



# Уроки Коптюга



Академик Валентин Афанасьевич КОПТЮГ (09.06.1931 — 10.01.1997) — выдающийся ученый-химик, организатор науки, общественный и политический деятель. С 1987 г. возглавлял Новосибирский институт органической химии. В 1978—1980 гг. был ректором Новосибирского государственного университета. В 1980—1997 гг. — председатель Сибирского отделения АН СССР (позднее РАН) и вице-президент РАН. За цикл фундаментальных исследований в области строения и реакционной способности карбокатионов в 1990 г. удостоен Ленинской премии в области науки и техники. В 1984 г. стал лауреатом престижной международной премии им. А. П. Карпинского за научные достижения и укрепление международного сотрудничества ученых. В. А. Коптюг — иностранный член академий наук Индии, Монголии, Чехословакии, Беларуси. За научную, педагогическую и общественную деятельность ему присвоено звание Героя Социалистического Труда (1986), он — кавалер многих орденов, почетный гражданин города Новосибирска



*О Валентине Афанасьевиче Коптюге писать легко. Блестящий ученый, прекрасный организатор науки, всемирно известный специалист по глобальным проблемам Земли, замечательный лектор и педагог — даже часть этих характеристик способна вдохновить перо на создание парадного мемориального портрета.*

*О Коптюге писать невероятно трудно. Многомерной личности такого масштаба тесно в любых жанровых формах. И каждая грань его неординарного облика требует своих незатертых слов.*

*Единственное, что я твердо знаю, — о Валентине Афанасьевиче писать нужно обязательно только правду, какой бы она ни была, сколь ни являлась бы колючей для иных, в том числе известных, персонажей*

*Ю. Г. Демянко, к. т. н., зав. сектором  
Исследовательского центра  
им. М. В. Келдыша*

**Ж**изненный путь Валентина Афанасьевича Коптюга — отражение истории нашей страны. Белорус по национальности, он рос в Смоленске, школу закончил в Самарканде, учился в Москве и там же начал работать, в 28 лет стал сибиряком. Как он говорил не раз, человек узнается по делам, а не по национальности. Этот урок, вынесенный им из юности, Коптюг пронес через всю свою жизнь.

Отец Валентина Афанасьевича был репрессирован, и это давало о себе знать в школьные и студенческие годы. Но он не только не озлобился, но до конца дней своих оставался патриотом и коммунистом, сторонником социалистической идеи. И это второй урок Коптюга. Быть интернационалистом и патриотом в наши дни непросто, а порой и опасно, но если свобода — это

ДОБРЕЦОВ Николай Леонтьевич — академик РАН, доктор геолого-минералогических наук, председатель Объединенного ученого совета наук о Земле РАН, научный руководитель Института геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН (Новосибирск). Главный редактор журнала «Наука из первых рук». В 1997 г. стал преемником В. А. Коптюга на посту председателя СО РАН



осознанная необходимость, то Валентин Афанасьевич был гораздо более свободным человеком, чем многие нынешние руководители.

## Ученый и Учитель

Образование Валентин Коптюг получил в знаменитой Менделеевке – Московском химико-технологическом институте им. Д. И. Менделеева. Уже со второго курса он по собственной инициативе начал вести научную работу, причем последовательно на разных кафедрах с целью расширения кругозора и углубления общих химических знаний.

Ученик выдающегося химика академика Н. Н. Ворожцова, Валентин Афанасьевич следом за учителем приехал после защиты кандидатской диссертации в строящийся новосибирский Академгородок, в Институт органической химии. Здесь он прошел по всем ступенькам – от младшего научного сотрудника до директора. В 34 года защитил докторскую диссертацию, в 37 лет был избран членом-корреспондентом, в 48 – действительным членом Академии наук СССР.

Предугадав и обосновав новые «прорывные» направления в органической химии, Коптюг стал мировым авторитетом в области физической, синтетической и прикладной органической химии. Одним из первых он

начал внедрять в практику химической науки новейшие физические методы исследований, математическое моделирование и компьютерные технологии, воплотив в жизнь один из основополагающих принципов Сибирского отделения – комплексность, работу на стыке наук.

В общей сложности 24 года Валентин Афанасьевич проработал в ведущих научных организациях мира – в Международном союзе по теоретической и прикладной химии (ИЮПАК) и в Научном комитете по проблемам окружающей среды Международного совета научных союзов. По его инициативе ИЮПАК приступил к реализации программы «Химия и окружающая среда», организовал серию международных конференций «Химические исследования в применении к мировым нуждам».

Валентин Афанасьевич 15 лет возглавлял в Новосибирском университете кафедру органической химии, сотни выпускников которой работают в исследовательских организациях и на предприятиях Сибири. Он организовал на кафедре специализацию по математической химии еще тогда, когда сами химики только осваивали новые для них информационные технологии.

Лекции Коптюга отличались такой безупречной логикой и таким глубоким владением материалом, что самые сложные вещи в его изложении казались про-

**«Химия занимает среди естественно-научных дисциплин особое место благодаря бесконечному многообразию возможных объектов изучения. Она не только охватывает объекты существующего химического мира, но и непрерывно создает такие объекты, синтезируя новые химические соединения. Возможности такого синтеза беспредельны».**  
**В. А. Коптюг. Выдержка из Менделеевской лекции «Некоторые проблемы систематизации химических знаний»**

На заседании Президиума СО АН СССР в новосибирском Академгородке в 1980 г., на котором выдвигались кандидатуры на пост председателя Сибирского отделения Академии наук, было названо несколько кандидатур: молодой академик В. А. Коптюг, который тогда был ректором Новосибирского университета, блестяще проявивший себя не только первоклассными научными результатами, но и умением решать непростые кадровые и научно-организационные проблемы жизни и развития университета, выдающийся экономист – академик А. Г. Аганбегян и другие. Представляя кандидатуры, прежний председатель Сибирского отделения, уже назначенный председателем ГКНТ СССР и заместителем Председателя Совета Министров СССР, академик Г. И. Марчук говорил: «У нас несколько достойных кандидатур выдающихся ученых и блестящих организаторов, и нам важно сделать правильный выбор. Учитывая, что обязанности председателя Сибирского отделения требуют полной отдачи сил, мы, по сути дела, должны одного из наших академиков принести в жертву процветанию и развитию Сибирского отделения, всего нашего научного сообщества в Сибири».

Рекомендуя кандидатуру академика В. А. Коптюга на пост председателя Отделения, Г. И. Марчук отметил, что, зная очень хорошо его эрудицию, склад характера, научный и организационный потенциал, он уверен, что Валентин Афанасьевич способен на такую жертву, и в случае его избрания мы можем быть уверены, что будем иметь первоклассного лидера нашего научного сообщества.

Последующая деятельность Валентина Афанасьевича полностью подтвердила эти слова. Он был беззаветно предан делу развития науки в Сибири, и не считаясь со временем, не жалея здоровья, всегда с громадными перегрузками, достойно нес ношу.

*В. М. Матросов – академик РАН, директор Центра исследований устойчивости и нелинейной динамики при Институте машиноведения РАН, руководитель Центра моделирования устойчивого развития общества Института социально-политических исследований РАН*



стыми и понятными. Неудивительно, что на них всегда присутствовала масса «посторонних» людей – сотрудников институтов, аспирантов, командированных. И он никогда не ставил плохих оценок своим студентам, хотя был требовательным. Он умел задавать вопросы таким образом, что молодой человек, даже не очень уверенный в своих знаниях, мог достаточно прилично на них ответить. Видимо, здесь проявлялся своеобразный «коптюговский» принцип отношения к людям – искать в каждом сильные, хорошие стороны. Коптюг никогда не подчеркивал чужих недостатков – и происходило удивительное: стремясь оправдать его доверие, люди невольно подтягивались, начинали верить в свои силы, испытывали желание работать.

Когда в 1978 г. Валентина Афанасьевича назначили на пост ректора Новосибирского государственного университета, то на коллегии Минвуза СССР ему было предписано в месячный срок устранить «оригинальность»: преподавание в университете «совместителей» – ведущих ученых академии, индивидуальные учебные планы, практику студентов в лабораториях академических институтов. Однако университет и его молодой ректор выдержали давление чиновников и не отказались от системы, заложенной основателями Сибирского отделения. Став ректором, Коптюг добился заключения официального договора между Новосибирским университетом и Сибирским отделением АН СССР со взаимными обязательствами, серьезно занялся налаживанием контактов с Минвузом РСФСР. В итоге подозрительное отношение к «строптивому» университету постепенно сменилось на благожелательное.

Открытие мемориальной доски первому ректору НГУ академику И. Н. Векуа. На фото: А. П. Деревянко (выступает), справа от него С. Л. Соболев, А. П. Окладников, В. А. Коптюг. 1981 г.

## Руководитель и Строитель

Семнадцать лет возглавлял Коптюг Сибирское отделение Академии наук – почти столько же, сколько и его основатель Лаврентьев, настойчиво проводя в жизнь стратегию опережающего развития фундаментальных исследований и серьезной поддержки направлений, являющихся основой для научно-технического прогресса.

Большой вклад внес Валентин Афанасьевич в «достройку» территориальной сети научных центров и институтов СО РАН. Недаром кривая капитальных вложений в Сибирское отделение имеет два максимума: «пик Лаврентьева», связанный в основном со строительством новосибирского Академгородка (1960–1970) и «пик Коптюга» (1987–1991), отражающий интенсивное строительство в научных центрах.

При нем в дополнение к существовавшим шести научным центрам (Новосибирскому, Томскому, Красноярскому, Иркутскому, Бурятскому, Якутскому) получили официальный статус еще три – Тюменский, Омский и Кемеровский; были организованы новые институты в Барнауле, Кызыле, Чите.

«Объединение усилий НГУ и исследовательских институтов Новосибирского научного центра позволяет обеспечить очень высокий уровень профессиональной подготовки специалистов с высшим образованием. НГУ – это не традиционный университет, его трудно втиснуть в прокрустово ложе существующих инструкций и положений. Отступления Новосибирского университета в течение многих лет от некоторых предписаний, выработанных применительно к традиционной форме постановки высшего образования, обусловлены отнюдь не прихотью ректоров, а объективными причинами, вытекающими из того обстоятельства, что наш университет является хотя и узловой, но составной частью широко разветвленной многоуровневой системы подготовки кадров, функционирующей в рамках Новосибирского научного центра и работающей на весь регион». В. А. Коптюг. Из выступления на коллегии Минвуза РСФСР. 1978 г.



Хочется добавить, что сегодня на базе Кемеровского научного центра, по инициативе его нынешнего председателя академика А. Э. Конторовича, планируется масштабное строительство настоящего «Угленаукограда». Развитие материально-технической базы будет способствовать реализации крупных научно-технических проектов для химико-угольной промышленности Кузбасса, призванных обеспечить стабильное развитие и процветание региона. И это – несомненное продолжение «линии Коптюга».

Одним из важнейших направлений деятельности Сибирского отделения все эти годы было развитие приборной базы научных исследований. За счет различных источников финансирования удалось создать множество центров коллективного пользования, в том числе Центр синхротронного излучения, Центр фотохимических исследований на базе лазера на свободных электронах, Центр по геохронологии кайнозоя, Центр по новым медицинским технологиям и т. д.

Начиная с 1991 г. в капитальных вложениях произошел резкий спад – ситуация в стране не могла не повлиять на науку в Сибири. На долю Коптюга выпал самый тяжелый период в жизни отделения, связанный с ломкой государственной системы и кризисным положением экономики страны.

В труднейших условиях Валентин Афанасьевич начал системную перестройку отделения, наметил и во многом реализовал основные положения новой стратегии развития академической науки, которая позволяла «гибко и оперативно реагировать на постоянно меняющиеся условия, но в то же время сохранять то главное, что заложили в Сибирское отделение его основатели: мультидисциплинарность и высокий уровень фундаментальных научных исследований; нацеленность на продвижение научных результатов от идеи до реализации в регионе, стране или за рубежом; постоянную подпитку ведущих научных школ отделения молодыми кадрами, обеспечение молодежи высокого уровня образования и условий для научной деятельности» (из выступления В. А. Коптюга на Общем собрании РАН 23 марта 1995 г.).

При Коптюге произошел существенный сдвиг в сторону демократизации жизни научного сообщества. Общее собрание отделения было дополнено выборными представителями институтов, по существу, став двухпалатным форумом, с равенством голосов у каждой палаты.

Чтобы приостановить отток кадров, Сибирское отделение РАН ввело контрактную систему оплаты ведущих научных сотрудников, что повысило социальную защищенность активно работающих ученых. Были приняты и специальные меры по поддержке молодых ученых: стипендии для аспирантов на уровне, значительно превышающем установленный правительством;



система премирования молодых докторов и кандидатов наук; финансовая поддержка зарубежных поездок молодых ученых; создание фонда жилья для молодых специалистов. Надо сказать, что сейчас по настоянию Минобрнауки в институтах активно внедряется оплата труда с учетом ПРНД (персональных результатов научной деятельности), но такая система может стать ловушкой для творческих личностей, которые не могут равномерно выдавать одну публикацию за другой.

В известной мере утечке «мозгов» за рубеж противостояли созданные при Коптюге 16 международных исследовательских центров на базе ведущих институтов отделения. Они дали возможность нашим ученым пользоваться передовой научной аппаратурой, «на месте» общаться с зарубежными коллегами, публиковать свои результаты в престижных изданиях. К сожалению, приток и сохранение молодых кадров до сих пор остается одной из главных нерешенных проблем Академии наук. И здесь местных инициатив недостаточно – нужна прямая заинтересованность руководства страны. Сегодня молодежь настроена весьма решительно – если решение ее проблем и дальше будет затягиваться, она «проголосует ногами», дружно эмигрируя в страны, где есть широкие возможности не только для интересной работы, но и для достойной жизни.

## Политик и Реформатор

Свое понимание «перестройки» в приложении к научному сообществу Коптюг убедительно защищал на общих собраниях отделения. Его инициативы, как правило, на шаг опережали развитие событий и позво-

На строительной площадке Сибирского солнечного радиотелескопа. Иркутская область, пос. Бадары. Июль, 1982 г.

ляли научным коллективам не только выживать, но и добиваться важных научных результатов.

Еще до начала процесса реструктуризации Российской академии наук Коптюг вместе с Президиумом СО РАН приступил к структурной реорганизации в отделении. Создание объединенных институтов оказалось полезным и для усиления их в академии, и для предотвращения опасности приватизации конструкторско-технологических организаций.

Характерной особенностью региональной политики, проводимой Валентином Афанасьевичем как председателем Сибирского отделения, было тесное взаимодействие с администрациями субъектов РФ. Он заложил традицию заключения с регионами соглашений по поддержке науки. Так, научно-техническая программа «Сибирь» выжила лишь благодаря поддержке Межрегиональной ассоциации «Сибирское соглашение». Эта деятельность была продолжена при следующих председателях отделения – Н.Л. Добрецове и А.Л. Асееве.

Переход к рыночным отношениям разрушил прежнюю плановую систему внедрения научных разработок, на создание которой было потрачено так много сил. Сибирское отделение сумело, однако, адаптироваться к новым условиям путем создания малых, в том числе совместных с зарубежными партнерами, предприятий и технопарковых зон. Реализация линии, начатой Коптю-

гом, наиболее выпукло проявилась в развитии Новосибирского технопарка, базой которого послужили институты СО РАН и ассоциации, созданные малыми предприятиями Академгородка совместно с СО РАН, и Томской технико-внедренческой зоны, основанной при участии институтов Томского научного центра и городских вузов. Время покажет, какая модель является более эффективной, но в любом случае этот инновационный опыт будет полезен.

Для защиты интеллектуальной собственности в условиях рыночной экономики было организовано Управление экономической и технической безопасности, а для защиты академического имущества – Управление по имуществу и землеустройству. Благодаря этим подразделениям Сибирское отделение не потеряло ни одного крупного научного объекта, переданного в его ведение. Регламентировав сдачу в аренду рабочих площадей, выработав варианты участия институтов в деятельности коммерческих структур и совместных предприятий, руководство СО РАН предотвратило неконтролируемое «вползание» коммерческих структур в институты.

В условиях ограниченного и нерегулярного бюджетного финансирования важную роль сыграло создание, при участии Сибирского отделения, Сибкадембанка, позволившее институтам в то время маневрировать финансовыми ресурсами.

В. А. Коптюг слушает пояснения создателя Сибирского солнечного радиотелескопа к. ф.-м. н. Г. Я. Смолькова. 1982 г.

Большой загадкой для меня осталось то, что Валентин Афанасьевич с готовностью шел на административную работу. Я изначально считала неправильным, что человек с огромным творческим потенциалом тратил силы и время на то, чтобы обеспечить условия работы для других, менее талантливых. Из нас, пришедших в институт в конце 50-х – начале 60-х, он был самым способным. Мы должны были беречь его время, а на самом деле он берег наше. С самим Валентином Афанасьевичем у нас по этому поводу были неоднократные споры. Однажды я даже в запальчивости сказала ему: «Вот Вы радуетесь полученной в каком-то там конкурсе премии, а ведь я думала, Вы будете нобелевским лауреатом!» Со мной многие были согласны. В частности, с В. Г. Шубиным мы часто говорили – вот кончится срок пребывания В. А. Коптюга на очередной должности, и он «уйдет полностью в науку». У меня эта надежда угасла в начале 90-х, когда создалась ситуация, в которой российскую науку нужно было просто спасать. Стало ясно, что Валентин Афанасьевич будет делать это до конца. Но вот что удивительно. В июне 1991 г. мы поздравляли его с 60-летием, и я пожелала ему «делать, что хочешь, и быть довольным, как живешь». На это он ответил: «А у меня все это есть, я вполне доволен».

Т. Н. Герасимова – д.х.н., профессор, заведующая лабораторией НИОХ им. Н. Н. Ворожцова СО РАН





## Гражданин и Патриот

Предметом постоянной заботы Валентина Афанасьевича являлось научное обеспечение охраны окружающей среды. Он последовательно боролся с проектом переброски сибирских рек на юг и за чистоту Байкала, участвовал в организации всесторонней экспертизы строительства сибирских ГЭС и крупных промышленных объектов. Он всегда имел мужество защищать свою позицию не только перед руководством страны, но и перед общественностью.

После участия летом 1992 г. в работе Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро он стал последовательным и на первом этапе едва ли не единственным в России сторонником и пропагандистом новой парадигмы устойчивого развития человечества.

В 1994 г. генеральный секретарь ООН Бутрос Гали пригласил Коптюга (единственного от России) в чис-

**В**алентин Афанасьевич обладал колоссальной «пробивной способностью» и был мастером организационных импровизаций, мгновенно находя выход из сложнейших ситуаций. Свидетельством тому следующий эпизод. Во время очередного его «дежурства» в приемной министра финансов последнего затребовали к вышестоящему начальству, а его персональный транспорт куда-то запропастился (такое бывает и у министров). Валентин Афанасьевич предложил свои услуги. За время поездки он «обработал» министра и получил необходимые подписи. Выходя, пассажир заметил: «Это было самое дорогое такси в мире: десять минут – 16 миллиардов рублей!»

*В. М. Бузник – академик РАН, председатель Хабаровского научного центра ДВО РАН*

В. А. Коптюг знакомится со строительством жилья в иркутском Академгородке. Слева от него председатель Президиума ИНЦ СО РАН академик РАН Н. А. Логачев и директор Лимнологического института чл.-кор. РАН М. А. Грачев. Справа от Коптюга А. И. Курбатов и бессменный помощник председателя к. г.-м. н. В. Д. Ермиков. *Июнь 1986 г.*

ле 20 других видных ученых и общественных деятелей мира в Консультативный совет по устойчивому развитию. Коптюг выдвинул там, в частности, идею выделить в ряде стран территории, которые могли бы стать модельными образцами устойчивого развития, и предложил объявить такой территорией в России Байкальский регион. В результате интенсивной работы институтов СО РАН вместе с представителями ЮНЕСКО оз. Байкал в 1996 г. было включено в список Участков мирового природного наследия, признано не только национальным, но и мировым достоянием.

Системный анализ общемировой ситуации, данный на Конференции ООН, укрепил собственные убеждения Валентина Афанасьевича в том, что существующая капиталистическая система не может быть основой действительно устойчивого, без природных и социальных катаклизмов, развития общества. Но не может быть растражирована и социалистическая система – в том виде, в каком она реализовывалась в нашей стране. По мнению Коптюга, новая модель развития цивилизации должна взять все лучшее от социализма и от цивилизованного капитализма.

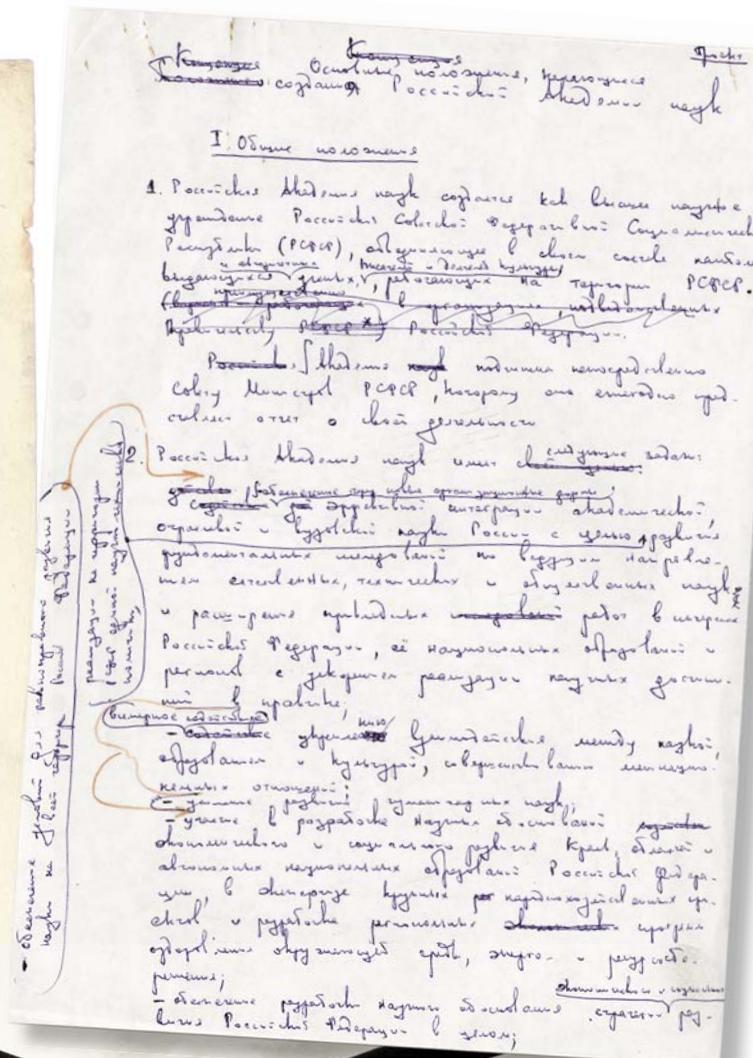
Убежденный в том, что концепция устойчивого развития по самой своей сути социалистична, Валентин Афанасьевич не отступился от идей социальной справедливости и народовластия, остался членом

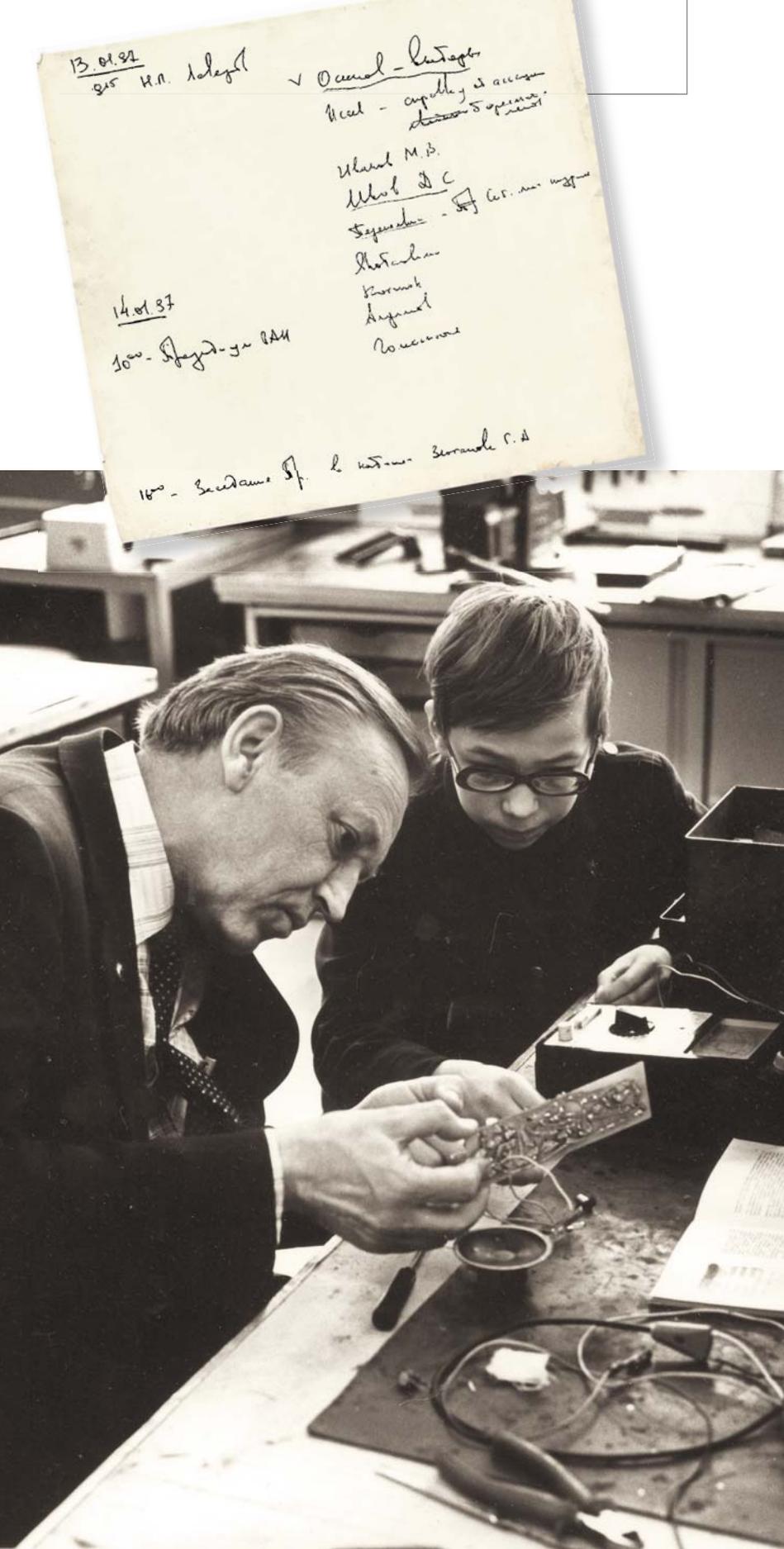
*Остановка в пос. Монды (БурАССР). С членами экипажа вертолета академика РАН В. А. Коптюг, А. А. Трофимук, Н. А. Логачев. Июнь 1982 г. (фото справа)*

**М**ы привыкли к тому, что он есть, и думали, так будет всегда. Если надо, поможет. Мы знали, что он серьезно болен, но щадили ли его? Он работает больше всех, значит – может? Значит, есть силы? Задним умом все крепки. Видели, как он плохо выглядит. Знали об отчаянии Ирины Федоровны, которая не могла заставить его хотя бы полечиться как следует. И все-таки считали, что все в порядке. Шли к нему со своими проблемами, профессиональными и личными. Однажды Валентин Афанасьевич сказал, что будет работать только до 70 лет, затем уйдет на пенсию. «Да не выдумывайте, никуда Вы не уйдете!» – сказала я. «Нет, уйду. Давайте спорить на бутылку коньяка, что уйду!» – «Давайте не мелочиться. Спорим на месячный доход. Если уйдете, я отдам Вам свою пенсию, а если нет – Вы отдадите мне свою зарплату со всеми академическими надбавками». Мы ударили по рукам... Он далеко не дожил до 70 лет.

*Т. Н. Герасимова – д. х. н., профессор, заведующая лабораторией НИОХ им. Н. Н. Ворожцова*

Фрагмент рукописи В. А. Коптюга «Основные положения, касающиеся организации Российской академии наук». 1991 г.





Несостоявшиеся встречи  
В. А. Коптюга (из его записной книжки)

КПРФ и делал все возможное, чтобы изменить характер реформ. Являясь убежденным сторонником социалистической идеи, он сумел глубоко разобраться в рыночных механизмах. То, что сегодня пишут о ситуации в России ведущие экономисты мира, академик Коптюг открыто и настойчиво говорил с первых шагов «перестройки» перед разной аудиторией, в том числе и самого высокого уровня.

**В** 1995 г. на заседании Президиума РАН выступавшие отмечали, что даже в тяжелых кризисных условиях Сибирское отделение сохранило работоспособность, научный потенциал и результативность. Особо подчеркивалось, что Президиум СО РАН работает на опережение: многие вопросы, важные для всех академических институтов, им решались раньше, чем это успевали сделать другие отделения. Президент РАН Ю. С. Осипов тогда резюмировал: «Должен признать, что Сибирское отделение – выдающееся в системе Академии наук. В чрезвычайно сложной обстановке оно сохранило свое лицо, свою значимость не только для академии, но и для науки всей страны. Отделение подает много хороших примеров того, как действовать в нынешней трудной ситуации. В достижениях Сибирского отделения велика заслуга Валентина Афанасьевича Коптюга, всего руководства отделения и директорского корпуса».

Последним документом, подписанным Валентином Афанасьевичем 10 января 1997 г., были предложения Сибирского отделения РАН «О неотложных мерах по сохранению отечественной науки»,

В. А. Коптюг в Клубе юных техников СО РАН

**И**ногда казалось, что этот человек – из будущего, что он попал не в свою эпоху, настолько он отличался по своему мировосприятию. Трудился он сверх человеческих сил, просто сгорал на работе, спешил успеть сделать как можно больше для Сибирского отделения, для спасения Байкала, для спасения нашей страны, в возрождение которой он глубоко верил.

Поражала его щепетильность. К 25-летию Сибирского отделения было проведено премирование многих сотрудников Отделения, включая директоров. Было подготовлено постановление и на председателя за подписью первого заместителя. Он спросил меня: «Разве имеет право мой заместитель меня премировать? Кто может дать такое разрешение – Соломенцев или Александров?» Я ответила: «Думаю, что президент Академии наук СССР». Тогда Валентин Афанасьевич сказал: «Оформите, как полагается, и когда Вы лично придете и скажете мне, что я могу получить эту премию так, чтобы у меня при этом колени не дрожали, тогда я ее получу»...

Не так давно один научный сотрудник сказал мне, что М. А. Лаврентьев создал Академгородок, а вот что создал В. А. Коптюг, он не знает. Мы беседовали два часа, и я поняла, что многие люди не имеют представления о тех труднейших проблемах, которые обрушились на нас в 1992–1996 гг.

Мы видим, что по-прежнему работают детские клубы – КЮТ и «Калейдоскоп», Дом культуры «Академия», спортивные клубы и школы, детский летний лагерь «Солнечный». А ведь этих структур уже давно могло не быть. В советское время работники объектов соцкультбыта получали оплату труда в Объединенном профсоюзном комитете СО АН. Но профсоюз быстро расформировался, зарплату платить перестали. В. А. Коптюг говорил: «Держитесь, сколько есть сил, ищите пути, как профинансировать эти объекты». Он встречался с работниками, объяснял ситуацию и просил продержаться. На первых порах спас фонд внебюджетных средств, который сумели сформировать. Потом удалось решить вопрос в Москве, остались и там умные люди. Можно рассказывать бесконечно, что сделал академик В. А. Коптюг для Сибирского отделения и для жителей Академгородка.

Было тревожно за нашего председателя. Однажды я не выдержала и стала ему говорить, что так работать нельзя, нужен отдых, он дорог не только семье, детям, внукам, но и нам всем в СО РАН, товарищам по работе, на что он мне ответил: «Я выдержу. Я не могу быть тем председателем, при котором погибнет Сибирское отделение».

Валентин Афанасьевич любил людей, любил общаться и с молодежью, и с ветеранами. Эту открытость, душевность люди чувствовали и отвечали ему любовью и признательностью. Для нас он живой, он с нами, в душе звучит его мягкий, добрый голос, и кажется, что в моей руке – тепло его руки. Пусть это не покажется высокопарным, но я воспринимаю Валентина Афанасьевича как горьковского Данко, который огнем своего сердца осветил путь людям.

*С. В. Чубченко – в 1987–1992 гг. начальник планово-финансового управления СО АН СССР, в 1993–1995 гг. – помощник-консультант В. А. Коптюга по экономическим вопросам*

подготовленные к предстоящему заседанию правительства России. В этом документе Коптюг предложил (и детально расписал) новую постановку вопроса: четко планируемые меры по спасению российской науки должны жестко осуществляться не только со стороны государства, но и со стороны самого научного сообщества.

Валентин Афанасьевич считал, что Академия наук играет недостаточно активную роль и в выработке стратегии развития страны. Свою озабоченность он выразил в совместном с академиками Л. И. Абалкиным и Г. В. Осиповым письме президенту РАН, где говорилось: «К сожалению, Российская академия наук пока не заняла активной позиции в определении национальной стратегии развития. Это привело к тому, что основой подготовки государственных решений во многих случаях становились не фундаментальные знания, а амбиции, волонтеризм, а порой и корыстные интересы. К настоящему моменту в стране сложилась опасная практика, когда власть пренебрегает мнением отечественных ученых и предпочитает полагаться на мнение зарубежных экспертов и политиков. Неудивительно, что многие из навязанных нашей стране решений чужды ее интересам».

Говоря о научной интеллигенции, Коптюг подчеркивал ее важную роль «в реализации реформ, которые действительно необходимы России, если у ее представителей будет четкая мужественная гражданская позиция». Хочется верить, что знания, высокая научная и гражданская активность сибирских ученых помогут преодолеть затянувшийся кризис и привести Сибирь и всю Россию к благополучию и процветанию. На этом пути с нами всегда будет пламенный патриот России, человек высочайших нравственных качеств Валентин Афанасьевич Коптюг.

В. А. КОПТЮГ

# Страницы детства и юности\*

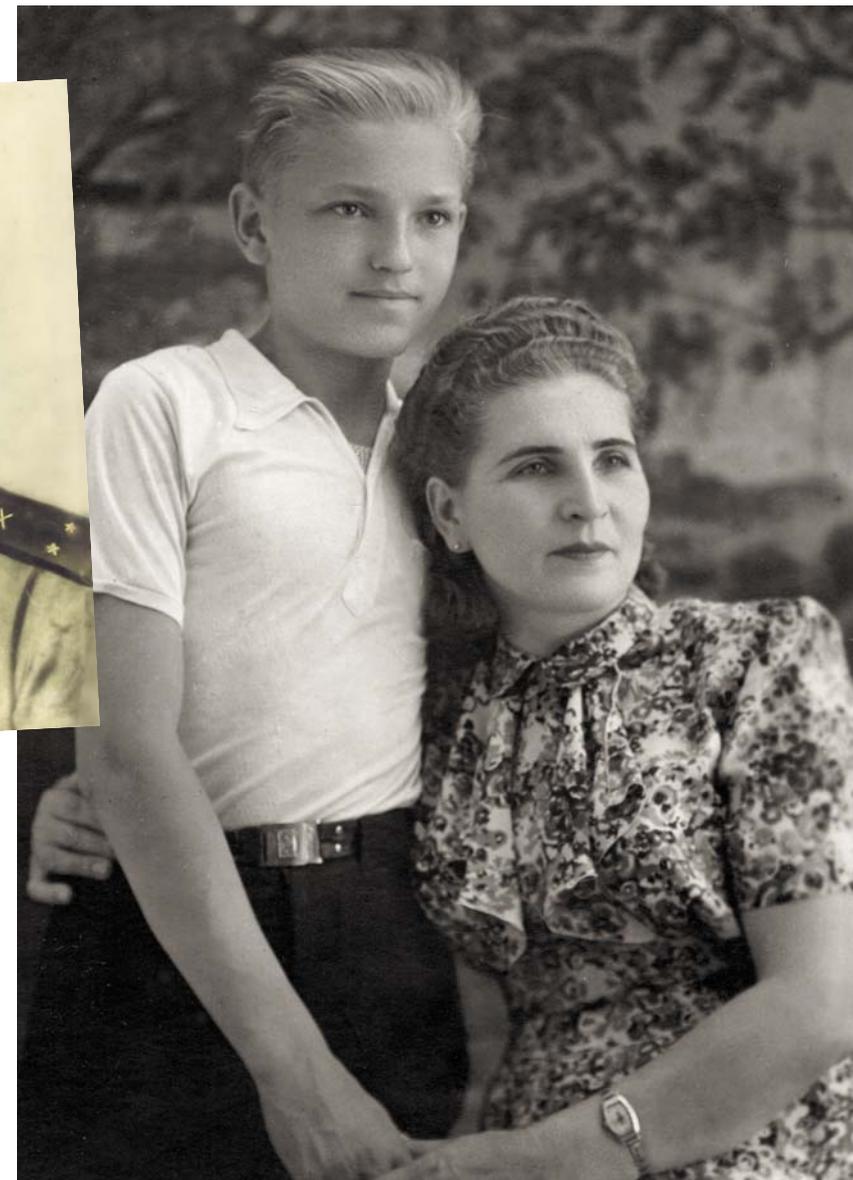
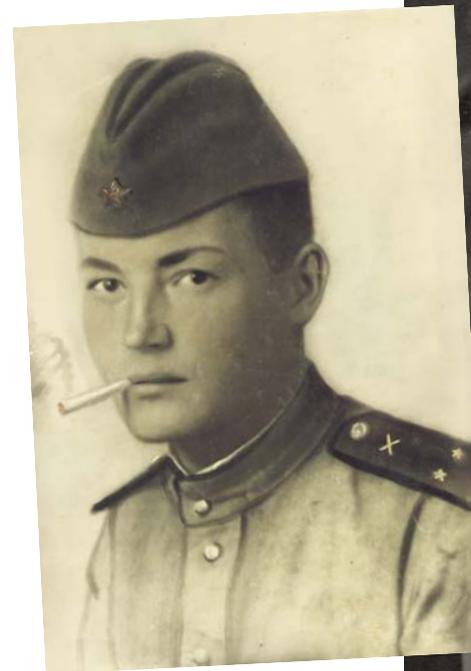


**Р**одился я в 1931 г. в маленьком городе Юхнове Калужской области. Это вообще-то белорусский город, но он мигрировал туда-сюда, между Калужской областью и Белоруссией. Отец – служащий, был начальником районного управления связи. Мать в то время была домработницей, потом работала на телеграфе. В 1938 г. мы переехали в Смоленск. Вскоре отца арестовали, судьба его была долгое время неизвестна. Потом мы узнали, что он был расстрелян. Реабилитировали его посмертно много позже, в 1956 г., так что мне довольно значительный период пришлось жить с клеймом сына врага народа. У меня был еще брат, который погиб на фронте в 44-м, когда шли завершающие бои за Польшу.

Валентин Коптюг – выпускник школы. 1949 г.

Выписка из приказа Самаркандского областного отдела народного образования о награждении золотой медалью выпускника школы № 6 В. Коптюга

\* Интервью В. А. Коптюга журналисту новосибирской радиокomпании «Наш дом» В. Тяботину (26 июня 1996 г.). Опубликовано в книге «Эпоха Коптюга» (Новосибирск, 2001)



В 1941 г. Валентин Коптюг с матерью, Надеждой Васильевной, и старшим братом Владимиром оказались в эвакуации в Самарканде. Оттуда Владимира призвали в армию, и он погиб в 1944 г. при освобождении Польши. Самарканд, 1947 г. Справа – Валентин с Надеждой Васильевной; слева – старший брат Владимир Коптюг

В Смоленске мать устроилась работать в Дом учителя. Сначала она была заведующей хозяйством, потом стала подниматься выше по служебной лестнице, дошла до заместителя директора.

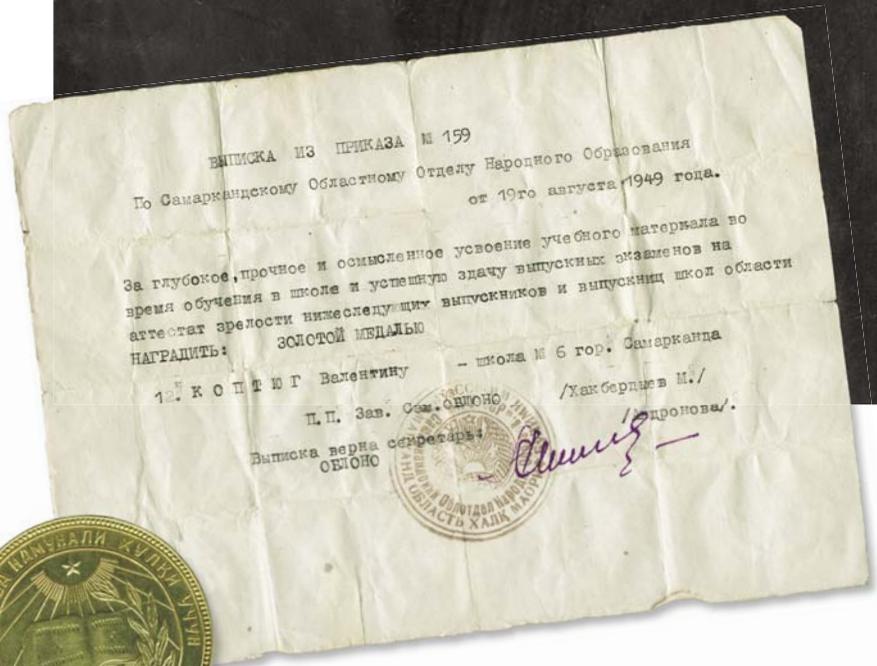
Летом 41-го нас всех малышат из Смоленска эвакуировали за город, километров за 20, так что мы с бугорчков могли наблюдать ночные налеты на Смоленск, когда все небо – в прожекторах, бьют зенитки, рвутся бомбы и видны зарева пожаров. Было и страшно, и любопытно.

Когда нас привезли в Смоленск, действительно стало страшно – город был полностью разрушен. Это все произошло за неделю. Разбитые дома, некоторые выгоревшие напрочь, пустые глазницы окон. Все еще

дымится. Это, конечно, на ребятишек, да и на взрослых производило страшное впечатление. Мы совсем мало, может быть, всего два-три дня еще, пробыли в Смоленске, потом началась эвакуация. Разные семьи отправляли в разных направлениях. Нас вместе со старшим братом направили в Тамбов.

Вообще-то выезжали целыми семьями, но те, кто работал и кто должен был содействовать эвакуации, задерживались. Осталась и мать. Она потом уходила из Смоленска пешком, добиралась до Москвы на путных машинах.

А мы в Тамбов так и не попали, нас привезли в Сталинград, там нас нашла мать. Поздней осенью, когда Сталинград стали бомбить, началась эвакуация и от-



ХАРАКТЕРИСТИКА

Коптюг Валентин Афанасьевич, ученик 10-го класса, 1931 года рождения, белорус, комсомолец. Отец\* и брат погибли на фронте в годы Отечественной войны. Живет с матерью. В школе № 6 учился два года. Отличник учебы. Серьезно, самостоятельно работает над книгой (повышенной трудности). Любит химию, физику, математику. На областной математической олимпиаде в 1947/48 учебном году занял второе место. В труде упорен, глубоко анализирует материал, над которым работает. Характер твердый и настойчивый. К себе требователен, к товарищам относится с большим вниманием.

В классе играл ведущую роль. В течение учебного года оказывал серьезную помощь отстающим учащимся в освоении трудных разделов математики. В общественных мероприятиях принимал деятельное участие: участвовал в сборе хлопка, за что получил благодарность от дирекции школы, в выборах в народные суды; большое внимание уделил работе в физическом кружке по изготовлению физических приборов, выступал на тематических школьных вечерах, в физкультурных соревнованиях и т. п.

Коптюг играет в шахматы, интересуется спортом. Среди товарищей и педагогов пользовался вполне заслуженным высоким авторитетом.

Средняя школа № 6, г. Самарканд  
Директор школы

Валентин Коптюг. Фотография из комсомольского билета



*Автобиография  
Коптюга Валентина Афанасьевича.*  
Я родился в 1931 г. в с. г. Юхнове Калужской обл. Отец был начальником отделения связи, мать — участницей телеграфа. В 1938 г. переехал с родителями в Смоленск. Отец в 1938 г. был арестован. Мать — до 1941 г. работала заместителем директора Дома учителя. В 1941 г. мы переехали (эвакуировались) в Самарканд. В 1942 г. на фронте погиб старший брат. В Самарканде мать работала и сейчас работает зав. швейным цехом. В 1949 г. я закончил 10 класс с золотой медалью. В комсомоле состою с марта 1947 г. В школе был членом комитета. Физкультура не любил. З. И. О. Родственников за границей нет.

**ОТЗЫВ**  
о прохождении производственной практики на Рубежанском химкомбинате  
За время пребывания на практике с 27 мая по 4 июля 1953 г. студент Коптюг В. А.  
1. Изучил производство Парадихлорбензола  
и составил отчет о практике с оценкой отлично  
2. Сдал гостехэкзамен, испытания на отлично  
с оценкой отлично  
3. Проявил себя (трудолюбив и участие в общественной жизни цеха) дисциплинированным и активным товарищем. Работал на работе почти в качестве самостоятельного исполнителя нормы на 150%.  
Цеховой руководитель практики Муза  
Начальник цеха Муза  
Руководитель практики по РКХ Муза  
Таб. № 5 з. 24—608

\* Сведения об отце неверны — видимо, школа не хотела «портить биографию» золотому медалисту. Отец В. А. Коптюга был расстрелян в 1938 г. Реабилитирован в 1956 г.

Доклады Академии Наук СССР  
1953. Том XXI, № 4

**ХИМИЯ**  
Л. И. НИКОЛЕНКО, К. К. БАБИЕВСКИЙ и В. А. КОПТЮГ  
**ДЕЙСТВИЕ ВОДНОГО МЕТИЛАМИНА НА АРИЛСУЛЬФОНИЛГЛИЦИНЫ И ИХ N-ЗАМЕЩЕННЫЕ**  
(Представлено академиком В. М. Родиновым 28 V 1953)

Ранее одним из нас установлено (1), что нагревание арилсульфонилглицинов и их N-замещенных с водным аммиаком приводит к образованию меркаптосоединений, углекислоты и аминов по уравнению:

$$ArSO_2 - N \begin{matrix} R \\ | \\ CH_2COOH \end{matrix} \rightarrow Ar - SH + RNH_2 + 2CO_2$$

Образование дифенилдисульфида и углекислоты отмечено также при декарбоксилировании  $\alpha$ -(бензолсульфамино)-пропионовой кислоты  $C_6H_5SO_2 - NH - CH(CH_3)COOH$  в присутствии пиридина и уксусного ангидрида (2).

Продолжая исследования реакции N-сульфаминокислот, нами неожиданно установлено, что при нагревании бензолсульфонилглицина с водным метиламином образуется метиловый эфир тиофенола  $C_6H_5 - SCH_3$ .

Нагревание бензолсульфонилглицина с 20% водным метиламином в запаянной трубке при температуре 240°. Реакционная метиловый эфир тиофенола в виде темнокоричневого масла. Выход тиоангидрида достигает 66,5% теории. Аналогичное расщепление с образованием тиоангидрида и для ряда других арилсульфонилглицинов и их N-замещенных.

Условия реакции нагревания арилсульфонилглицинов с 20% водным раствором метиламина и результаты ее сведены в табл. 1.

Исходный продукт	Условия реакции	Продукт реакции		
		формула	выход, % теории	т. пл., °С
$C_6H_5SO_2 - NH - CH_2COOH$	8 260	$C_6H_5 - SCH_3$	67,3	70/8
$n-C_4H_9SO_2 - NH - CH_2COOH$	7 240	$n-C_4H_9 - SCH_3$	60	94/16
$n-C_4H_9SO_2 - N(CH_3) - CH_2COOH$	6 240	$n-C_4H_9 - C(CH_3) - SCH_3$	50,2	66/3
$n-C_4H_9SO_2 - NH - CH_2COOH$	6 270	$n-C_4H_9 - C(CH_3) - SCH_3$	67	147/22
$\beta-C_{10}H_{17}SO_2 - NH - CH_2COOH$	4 260	$\beta-C_{10}H_{17} - SCH_3$	68	т. пл. 50—51°

853

**ДИПЛОМ**  
С ОТЛИЧИЕМ  
В № 023250

Предъявитель сего тов. Коптюг Валентин Афанасьевич  
в 1949 г. поступил... и в 1954 г. окончил...  
полный курс Московского ордена Ленина Технического института им. Менделеева  
по специальности технологии полупродуктов и красителей  
и решением Государственной Экзаменационной Комиссии от 26 мая 1954 г. ему присвоена квалификация Инженера-технолога

Председатель Государственной Экзаменационной Комиссии Ислюк  
Директор Коптюг  
Москва, 1954 г.

туда. Поехали мы, уже вместе с матерью, эшелонам в Фергану. Попали в Самарканд.

Это был тогда совершенно патриархальный мусульманский город, очень древний — около 2,5 тысяч лет. Там было две части — относительно новая, где и велось строительство европейского типа еще со времен царского правительства, а все остальное — саманные, глинобитные дома, на улицу ни одного окошка, все выходят во двор. Мы с приятелем очень любили бродить по этим улочкам, обследовать знаменитые Биби-Ханым, Регистан. Ребятишками мы выезжали в Бухару, в Хиву. Остались очень сильные впечатления от мусульманской архитектуры.

Самарканд тогда был маленький — местного населения тысяч 200 максимум, узбеки и таджики, со своими нравами и обычаями. И вот туда привезли несколько десятков тысяч беженцев, эвакуированных, т. е. около трети населения составляли «пришлые». После разгрома здесь басмачества прошло не так уж много — 15—20 лет, все еще было в памяти людей.

Валентин Афанасьевич не оставил нам своих воспоминаний, да и рассказывать о себе он не любил. Семнадцать лет совместной работы – большой отрезок жизни. Многого запомнилось из наблюдений за ним в разных жизненных ситуациях. Иногда после жарких споров он испытывал потребность объяснить и проверить еще раз свою точку зрения, приводил аналогии из своей жизни, вспоминал детство...

В его память прочно врезался год 1938-й. В дом пришли чужие люди, перевернули все вверх дном, увели отца, а маму – Надежду Васильевну – с двумя сыновьями, Володей и Валец, выставили на улицу. Им пришлось устроиться в стоявшем во дворе сарае. Хорошо, что было лето. Быстро приближалась осень, а все хождения Надежды Васильевны по местным властям не имели успеха. И тогда кто-то посоветовал ей послать телеграмму Н. К. Крупской. Реакция была мгновенной, и семью вернули в их квартиру. Надежда Васильевна с утра до вечера работала, а мальчики были предоставлены сами себе. Совсем непростая жизнь тех лет позже нашла отражение в его стихах-признаниях...

*Я много лет прожил, не веря никому, –  
Так в детстве улица учила  
И крепко это в голову вдолбила.  
Познав в те годы множество обид,  
Я вновь и вновь их ожидал,  
А потому заранее защиты стену воздвигал.*

Началась война. Мальчики вместе с другими ребятами на подводах уехали из военного Смоленска в лес. Дальнейший путь их и Надежды Васильевны был сложным, и в конце концов они оказались в Самарканде. Отсюда Володя ушел на фронт и погиб в 1944 г. Мама

с Валец остались одни. Она работала, а Валя учился в школе и увлекся голубями. Устроил на крыше дома голубятню и проводил все время со своими любимцами. Однажды он позвал друзей, и мальчишки так разошлись, гоня голубей, что проломали потолок. Трепку, которую он получил от измученной работой мамы, хорошо запомнил.

Голубятню Надежда Васильевна в сердцах разорила, потолок с горем пополам починили. Вале было жалко маму, но его характер уже тогда брал свое. На следующий день, вернувшись из школы, он заново собрал под крышу клетки, все восстановил, сосвистал своих голубей и остался с ними на ночь. Мама за день тоже успокоилась, поняла, что для мальчишки означала его голубиная радость, и сдалась.

При внешней замкнутости, Валя никогда не был трусом, с детства отстаивал справедливость и защищал слабых, отчаянно дрался. В одной из драк, где он, по его словам, защищал честь «дамы», ему сломали нос. С тех пор появилась легкая горбинка на его носу – это не признак «римского происхождения», а память юности.

*...Меня прощает, может, то,  
Что слабым я не обижал,  
Жить не согнувшись просто  
Я право защищал.  
Давно ушло то время,  
Совсем я стал другой.  
Забот иных несу я бремя,  
Но не забыты улицы уроки той!*

*Т. П. Мельникова – с 1975 г. помощник вице-президента, председателя Сибирского отделения РАН, в 1986–1991 гг. помощник президента РАН*



Председатель СО РАН  
В. А. Коптюг со своим верным  
помощником в Москве  
Т. П. Мельниковой



Валентин Коптюг – студент Московского химико-технологического института им. Д. И. Менделеева, в химической лаборатории

И вот что произвело на меня очень сильное впечатление (и оно еще сильнее стало сейчас). Я прожил там до 1949 г., потом регулярно приезжал еще из Москвы, из института – и ни разу не столкнулся с проявлениями национализма. Ни разу! Никаких проблем не возникало.

В Средней Азии очень интересно была построена система образования. Было два типа школ. Может, они и сейчас еще существуют. (Хотя мне, например, пришлось недавно писать в Белоруссию как белорусу: «Что вы делаете?» Там была попытка искоренить русский язык в науке.) Итак, в Самарканде было два типа школ: русские школы с обязательным изучением узбекского языка и узбекские школы с обязательным изучением русского языка.

Мы в русской школе писали сочинение, скажем, в выпускном 10-м классе на русском и изложение на узбекском. В узбекских школах – наоборот. Мы все дружили. У меня и сейчас еще много друзей в Узбекистане. Мы вместе работали (например, на хлопке), занимались, посещали вместе разные клубы. Там была Станция юных техников, она очень много всем нам дала.

Я, например, очень интересные вещи там делал, мне на всю жизнь запомнилось. Одна из последних работ состояла в том, что я делал специальное устройство с передающей электромагнитные волны пульсовой антенной. Скажем, Вы приходите, я даю Вам кольцо – просто кусок проволоки, концы которой присоединены к маленькой электрической лампочке. И лампочка загорается у Вас в руках. Почему? А это от того генератора, который я делал, с соответствующей антенной. И без всякого контакта с этим кольцом... Преподаватели у нас были просто изумительные!

Я был очень увлечен всем тем, что приходилось делать на Станции юных техников, вообще как-то интересовался всем происходящим. У меня был приятель, старше меня на один год. Он увлекался геологией, и я с ним довольно много болтался по горам под Самаркандом – уезжали на велосипедах, ставили там палатку, ходили, собирали разные минералы. Он поступил сначала в Узбекский государственный университет, а когда я кончил школу, а он – первый курс, он меня подбил уехать учиться в Москву на геологический факультет. Я согласился, мы уже билеты купили. В последний день



Группа выпускников кафедры технологии полупродуктов и красителей МХТИ им. Д.И. Менделеева. 1954 г. В первом ряду преподаватели, в центре проф. Н.Н. Ворожцов. Среди выпускников – В.А. Коптюг (в третьем ряду четвертый справа) и его жена И.Ф. Михайлова (во втором ряду третья слева)

он говорит: «А я, знаешь, не поеду». Я, конечно, плохо себе представлял, как поеду один, но, тем не менее, поехал. У меня было некоторое подспорье, придававшее мне смелость: я кончил школу с золотой медалью, поэтому думал, что все будет нормально.

Приехал, сдал документы в Московский государственный университет. На следующий день или через два я надумал, пошел туда и сказал: «Слушайте, я не все написал в автобиографии. У меня отца в 1938 г. расстреляли». Члены комиссии начали пожеваться: «Знаешь, ты лучше возьми документы и иди куда-нибудь в другое место поступать». Тогда я пошел в Менделеевский химико-технологический институт. Там специальности «геология» не было, решил стать химиком. Пришел в приемную комиссию к председателю и говорю: «Вот у меня аттестат, который дает мне право поступить к вам без экзаменов. Но есть одно обстоятельство, вот такое и такое. С отцом проблемы». Они сказали: «Так это с твоим отцом, а не с тобой проблемы». Так я оказался химиком.

В общежитии я не жил, снимал комнату у знакомых. Это позволяло как-то больше сосредоточиться на учебе.

Стипендии, конечно, не хватало – за квартиру нужно было платить. Помогала мать, присылала деньги из Самарканда. Окончил Московский химико-технологический институт с отличием. В аспирантуру поступил с некоторыми трудностями. Должен сказать, что клеймо сына врага народа – это была серьезная вещь. Но как много людей помогало мне в жизни – бескорыстно, просто! Мой учитель, академик Николай Николаевич Ворожцов – он тогда был просто профессором кафедры, – дошел до самого верха, чтобы позволили принять меня в аспирантуру. Я был принят, кончил аспирантуру в 57-м.

Тогда же мать переехала из Самарканда ко мне. Она продала там полдомика и купила здесь треть дачки под Москвой, в Пушкино. До отъезда в Новосибирск (поздней осенью 59-го) мы жили на этой дачке. Ездили на работу в электричке, там было очень удобно рабо-

Уже в первом семестре Валя придерживался обдуманного распорядка дня, имел план работы по ведущим предметам: вся химия, физика и математика. Я был удивлен, а теперь, с высоты прожитого, поражаюсь его беспрецедентной студенческой организованности. Причем ручаюсь, что эта характеристика, кажущаяся преувеличением, на 100 процентов соответствует фактам.

На одной из первых лекций профессора, члена-корреспондента АН СССР А.Ф. Капустинского по неорганической химии мы с Валею сидели рядом и конспектировали: Валя – авторучкой, я – карандашом, но все равно я не успевал за предложенным профессором темпом. В перерыве Валя сказал: «Ты знаешь, я перед лекцией работаю с рекомендованным учебником, стараюсь понять смысл будущей лекции, так что конспектировать мне легко, соображаю, что пишу, понимаю, что профессор дал дополнительно или иначе, чем в учебнике».

Анатолий Федорович Капустинский прошел хорошую школу современной физической химии в одном из университетов Англии. Его преподавательский стиль – высочайшая требовательность к себе, к сотрудникам его кафедры, к студентам. В лекционном зале появлялся точно после звонка, после профессора вход в аудиторию запрещался, одет был безукоризненно и всегда одинаково, менялись только галстуки...

В течение пяти лет перед нами прошла плеяда блестящих преподавателей. Наши учителя, их предшест-

венники и последователи составили знаменитую в России и в странах бывшего СССР, известную в мире химико-технологическую школу МХТИ... Однако, обдумывая и обсуждая феномен Коптюга, хочу подчеркнуть заметное влияние на Валею профессора А.Ф. Капустинского, который был первым научным авторитетом, первым вдохновителем молодого студента. Думаю, что именно от этого ученого берут начало приоритеты последующей научной деятельности В.А. Коптюга – такие, как опора на физику и математику, стремление к обобщениям, систематизации, а затем и к компьютеризации, например, создание Центра инфракрасной спектроскопии...

Вот портрет Вали – будущего ученого. В конце лабиринта коридорчиков, заставленных дореволюционными шкафами, наводящими на мысли о Ломоносове и Менделееве, помню длинную комнату с тусклым окном в торце, противоположном двери, а в комнате – такой же длинный лабораторный стол. Второкурсник Валя рассказывает мне о полученных им образцах на основе разнообразных окислов железа, о применяемой им методике установления зоны термомеханизма для каждого образца... Впервые новый для меня Валя – ученый, он не только говорит толково и без лишних слов, но в его рассказе личный интерес, гордость, он уже агитирует за свой смысл жизни.

*О.В. Зарубин – сокурсник В.А. Коптюга по МХТИ им. Д.И. Менделеева, к.т.н., полковник в отставке*

На встрече однокурсников в 1968 г. В центре – О.В. Зарубин





Валентин Афанасьевич с женой,  
Ириной Федоровной Михайловой.  
1953 г.

тять. Я тогда подрабатывал в реферативном журнале. Утром сядешь, едешь 45 минут, смотришь – одну статью прореферировал. Вечером – то же самое. Это были и заработок, и приобретение определенных профессиональных навыков – изложить мысли кратко, сделать из большой статьи выжимки.

А потом произошло это событие – создание Сибирского отделения. Попытка (и она оказалась успешной) создать научную базу для освоения природных ресурсов Сибири и развития ее производительных сил. Нашего учителя Николая Николаевича Ворожцова пригласили

возглавить Институт органической химии. Сначала нас звали в Иркутск – предполагалось, что центр будет там. Мы согласились поехать, я и еще 2 или 3 человека с кафедры. Потом нам сказали: «Нет, не в Иркутске, а в Новосибирске». Поскольку мы в Сибири никогда не бывали, то для нас это было совершенно все равно.

Конечно, нашему поколению (теперь уже старшему) – тем, кто участвовал в создании Сибирского отделения в Новосибирске, в Иркутске, в Красноярске, в Улан-Удэ, в Якутске, очень крупно повезло. Это был период созидания, период формирования нового фор-

поста науки на востоке нашей страны. Какие же все были энтузиасты! Бросили Москву, Ленинград, Киев, поехали на работу сюда. Очень интересно было, да и сейчас интересно.

Когда я первый раз приехал, это, наверное, была середина 59-го. Мы хотели въехать в Академгородок с нынешнего Бердского шоссе по Морскому проспекту. Покрытия там никакого не было, была просто просека, по которой ходили грузовики, а мы пытались проехать на легковушке. Но после дождя это было совершенно невозможно.

Когда я приехал второй раз в конце 59-го, уже появился Институт гидродинамики, первый институт, а в нем на этажах можно было видеть несколько табличек: институт такой-то, институт такой-то, институт такой-то – все институты там сидели. Было уже построено несколько домов, и тем, кого приглашали на работу в Сибирское отделение с Запада, предоставляли квартиры. Мне на семью – нас четверо было (мы с женой, сын и моя мать) – дали трехкомнатную квартиру сразу, когда я приехал окончательно. Правда, там не было лампочки, мне пришлось сбежать во двор и принести четыре кирпича, чтобы дотянуться и ввернуть... Потом какое-то время, может быть месяц-полтора, так и жили без всякой мебели – мы ведь перебрались-то быстро, просто несколько чемоданов сложили...

Сибиряки меня здесь уму-разуму наставляли. Представляете, поздняя осень, дождь с мокрым снегом. Мы сидим всей семьей на полу (контейнер с вещами еще не

пришел), что-то там рассуждаем, все занимаются своим делом. Вдруг звонок в дверь. Открываю – почтальон. Говорит: «Черт возьми, весь промок, пока вас тут нашел...». (У нас ведь была круговая система нумерации домов. Это и сейчас сложно.) А в Самарканде была своя специфика, вроде как система некоторых рыночных взаимоотношений. Там было принято всем за услугу платить – немного, но платить. Вам надо купить билет – вы даете за покупку билета. Такая была круговая система. И после жизни в Самарканде, если человек говорит вам «я промок и устал», значит, надо дать в два раза больше. Что я и сделал. А он на меня так обиделся! Хлопнул дверью и ушел. Я потом только понял: если бы я по-человечески пригласил его погреться, выпить по рюмке, все было бы нормально. Мне стыдно до сих пор. И я с тех пор никому ни копейки не давал «за услугу». Если кому-то нужно чем-то помочь – да ради Бога! Но чтобы я за услугу какую-то платил – ну, не могу. Тот почтальон на всю жизнь меня отучил от этого.

Ну, а дальше что? Работал в институте, рос. В Москве, после аспирантуры, я уже проработал полтора года младшим научным сотрудником. Когда сюда приехал, меня попросили возглавить лабораторию физических методов изучения механизмов органических реакций. Потом был заведующим отделом и не помышлял о том, чтобы двигаться по служебной лестнице дальше. Меня это вполне устраивало. Возможности для научной работы были прекрасные. По-моему, директор меня вообще оберегал от любой организационной



На семинаре  
(1960-е гг.)  
На переднем  
плане  
В. А. Ливанов,  
В. А. Коптюг,  
Д. Г. Кнорре

25.7.60

Здравствуйте, Николай Николаевич!

Возвращаясь из отпуска 9.7.60. Наши все наборы уходят  
отдыхать. И.В. Сем. и Алик уже в отпуску. Светлана - с  
1.8.60. Остатки были со Сашкой. Хотя безжалостно  
завалили со работой. Качественно он показывает:

$$\begin{matrix} X & Y \\ | & | \\ \text{---} & \text{---} \\ | & | \\ \text{---} & \text{---} \\ | & | \\ X & Y \end{matrix} \xrightarrow[\text{H}^+]{\text{P-катион}} \begin{matrix} X & Y \\ | & | \\ \text{---} & \text{---} \\ | & | \\ \text{---} & \text{---} \\ | & | \\ X & Y \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} \text{I. } X=Y=U \\ \text{II. } X=U, Y=V \\ \text{III. } X=Y=V \end{matrix}$$

В случае  $X=Y=U$  получено соединение с т.пл.  $>$  т.пл. исходного, хотя обычно 4-формы имеют ниже, чем 1,8. Значит сейчас состоит в том, чтобы проверить квант. АК-анализ. Прибор налажен и по ряду признаков от аналогов, но сейчас работа на короткий срок оказалась не удалась, хотя были и успехи. Как в прошлом году прибор не работал, но сейчас не жалею в том плане, что прибор не работал. А сейчас квант. проточный прибор, тем же прибором. Значит все необходимые условия, но не видно, что у молодого квантового прибора, но не видно, что у прибора от ИР-10, давая  $\delta = 1 \text{ см}^{-1}$ , хотя я не думаю, дадите ли. А прибор он очень. Если ли не закончил в августе анализ, то: 1/ прибор готов в Тольке, 2/ прибор та Сашка до отпуска не будет закончен - 3/ анализ. Все возможные Вектора станут таковыми.

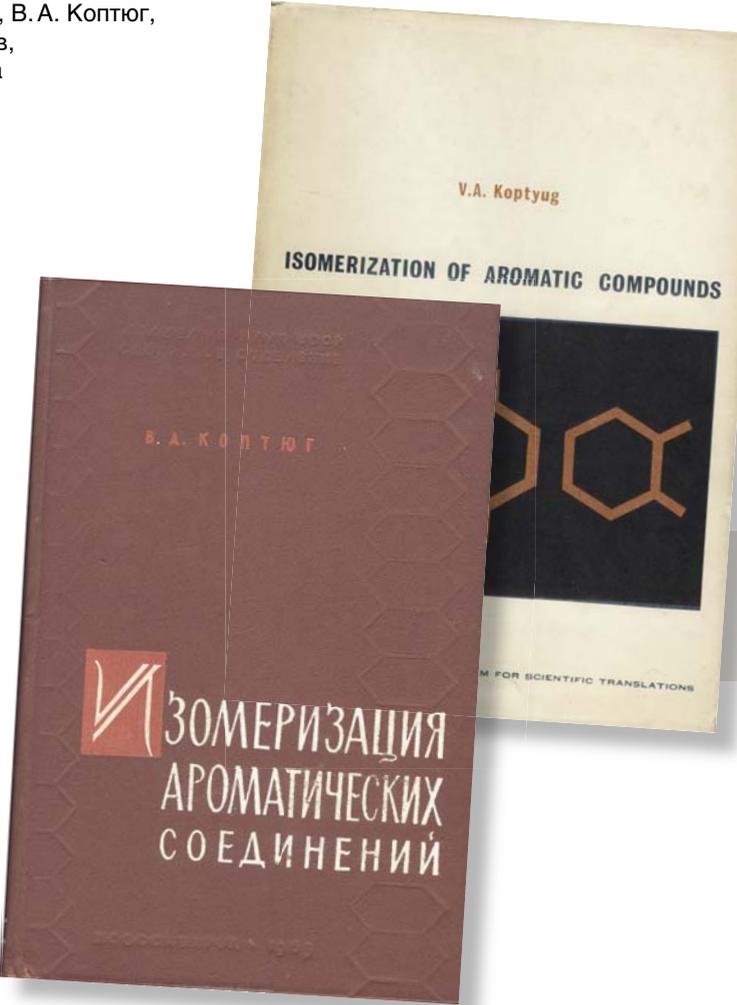
Алик завершил исследование 1-Субстрата-1-14. Остатки реактивности пока делаем 1-С-анализ состава  $\approx 2\%$ . До одобрения, видимо, реактивности не успеет. У меня не сам - так ясно. Написано по "эффеку квант" в сборнике. Статья написана и идет



Ученый совет НИОХ СО АН СССР (1961 г.): В. Г. Бухаров, В. А. Коптюг, Л. К. Козачок, В. А. Ливанов, Н. Н. Ворожцов, В. П. Мамаев, А. Т. Трощенко, Е. П. Фокин, Г. Г. Яковсон, В. А. Пентегова

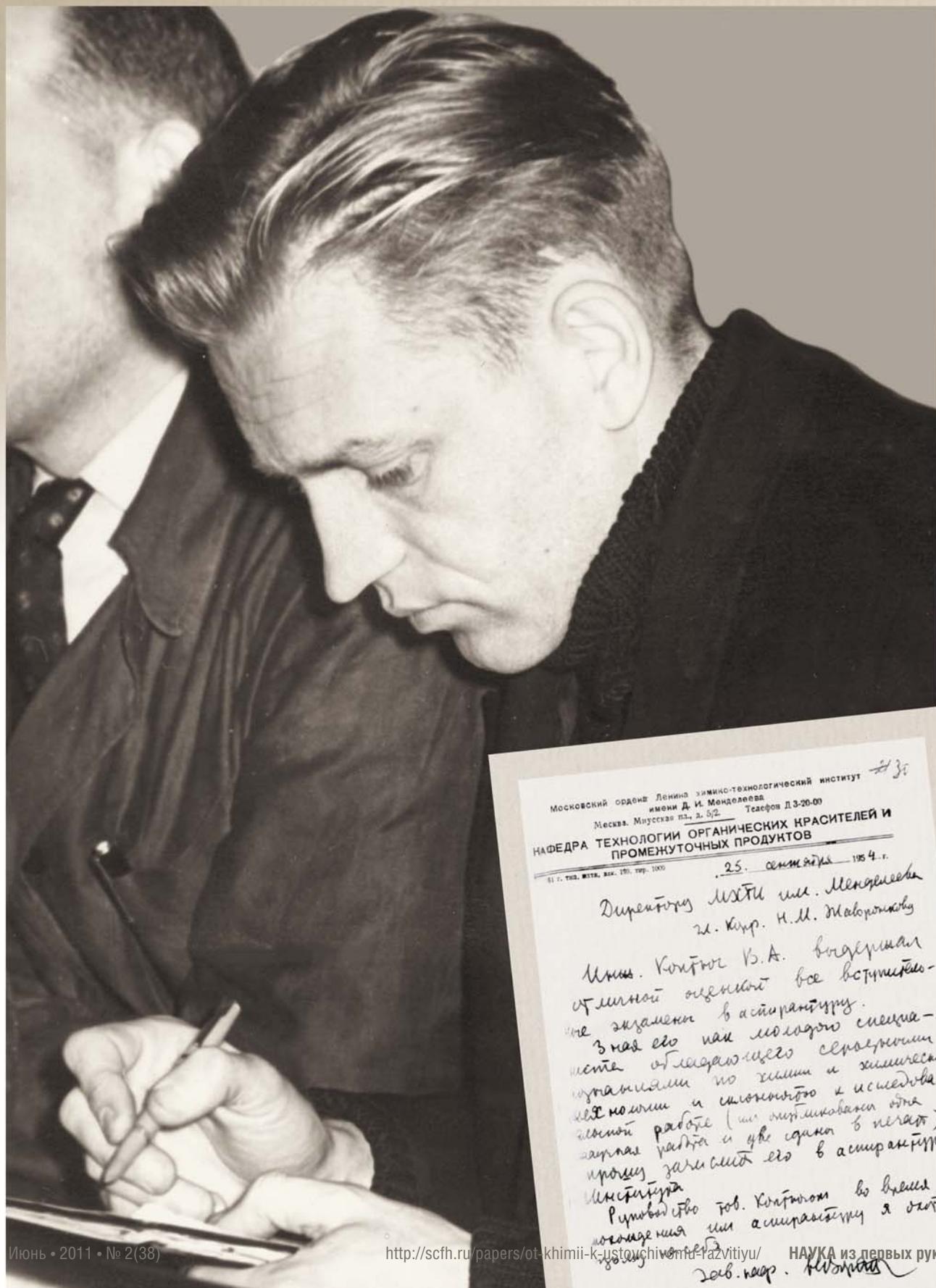
работы, предоставлял возможность как можно больше заниматься наукой. Потом, к сожалению, у него был инсульт, он сильно пострадал, у нас возникли проблемы с руководством института. Директором избрали его ученика – Владимира Петровича Мамаева, который тоже приехал с ним из Москвы.

А меня потом выдвинули в ректоры Новосибирского университета. Проработал я там недолго, года полтора, может быть. А когда Гурий Иванович Марчук уходил «наверх», решили сагитировать на его место Коптюга. Я не привык как-то особо отказываться от работы: ну, надо, так надо.



Первая монография В. А. Коптюга (Новосибирск, 1963 г.). Спустя два года в Иерусалиме вышел ее английский перевод

Письмо В. А. Коптюга, кандидата химических наук, младшего научного сотрудника НИОХ СО АН СССР, оставшегося по совместительству в лаборатории изотопов МХТИ им. Д. И. Менделеева, в Новосибирск, директору института, члену-корреспонденту АН СССР Н. Н. Ворожцову



Московский ордене Ленина химико-технологический институт  
имени Д. И. Менделеева  
Москва, Милославская пл., д. 5/2. Телефон Д 3-20-00

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ И  
ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

25. сентября 1954 г.

Директору ИХТИ им. Менделеева  
г. Кир. Н.М. Маторникову

Мин. Коптюг В.А. выдерживая  
отличной оценки все вступительные  
экзамены в аспирантуру.  
Зная его как молодого специа-  
листа обладающего сервированным  
знанием по химии и химической  
технологии и смелостью и исследова-  
тельской работе (им опубликована одна  
научная работа и уже одна в печати)  
прошу зачислить его в аспирантуру  
Института

Руководство тов. Коптюг во время  
посещения им аспирантуры я лично  
Зав. кафедр. Н.М. Маторникова

# От химии к устойчивому развитию

О. М. НЕФЕДОВ

НЕФЕДОВ Олег Матвеевич – академик РАН, вице-президент РАН, доктор химических наук, председатель Национального комитета российских химиков, лауреат Государственной премии СССР (1983, 1990)

Свыше 40 лет нас связывала с Валентином Афанасьевичем дружба и совместная деятельность: сначала учеба в Московском химико-технологическом институте им. Д. И. Менделеева и его аспирантуре, затем работа в Академии наук.

Всех, кто знал Валентина Афанасьевича Коптюга, поражали его необыкновенная одаренность как ученого, организованность, работоспособность и настойчивость, позволяющие ему разбираться в самых сложных вопросах современности, в сжатые сроки решать любые проблемы, инициировать новое. Если добавить к этому личные качества Коптюга, такие как непоколебимая жизненная позиция, принципиальность и гражданственность, то становится ясно, почему этот человек приобрел столь бесспорный авторитет в Сибирском отделении и Академии наук в целом, во всем международном сообществе.

## Учеба в Менделеевке

Уже на первом курсе института Валентин Коптюг проявил осознанный интерес к научной деятельности. Попав на кафедру полупродуктов и красителей, возглавляемую Н. Н. Ворожцовым, он сразу же включился в исследовательскую работу.

Ему удалось на чисто синтетической кафедре организовать радиохимическую лабораторию и впоследствии выполнить блестящую кандидатскую работу по установлению механизма изомеризации хлорнафталинов с использованием меченых атомов.

Надо сказать, Николай Николаевич проявил героическую настойчивость, чтобы оставить Валентина в аспирантуре, поскольку отец Коптюга был репрессиро-

В. А. Коптюг на семинаре (60-е годы).  
Рекомендация профессора Н. Н. Ворожцова  
для зачисления В. А. Коптюга в аспирантуру



Члены российской делегации на 34-й Генеральной ассамблее Международного союза по теоретической и прикладной химии (ИЮПАК) академики К. И. Замараев, В. А. Коптюг, О. М. Нефедов. Бостон (США), 1987 г.

ван. И профессор не ошибся в своем ученике. Валентин одним из первых с радостью и огромным энтузиазмом воспринял предложение Ворожцова переехать в Новосибирск и участвовать в создании Института органической химии.

## Физика и математика для химиков

Валентин Афанасьевич был наиболее талантливым из учеников Ворожцова, и тот старался максимально использовать его как ученого, не загружая особо организационной работой. Но во многом благодаря Коптюгу, обладавшему редким чувством нового, пониманием тенденций и перспектив развития науки, молодой институт в короткое время превратился в один из ведущих центров химической науки.

В НИОХ начали активно развиваться исследования по физической органической химии с количественным описанием механизмов химических реакций и широким использованием инструментальных методов, прежде



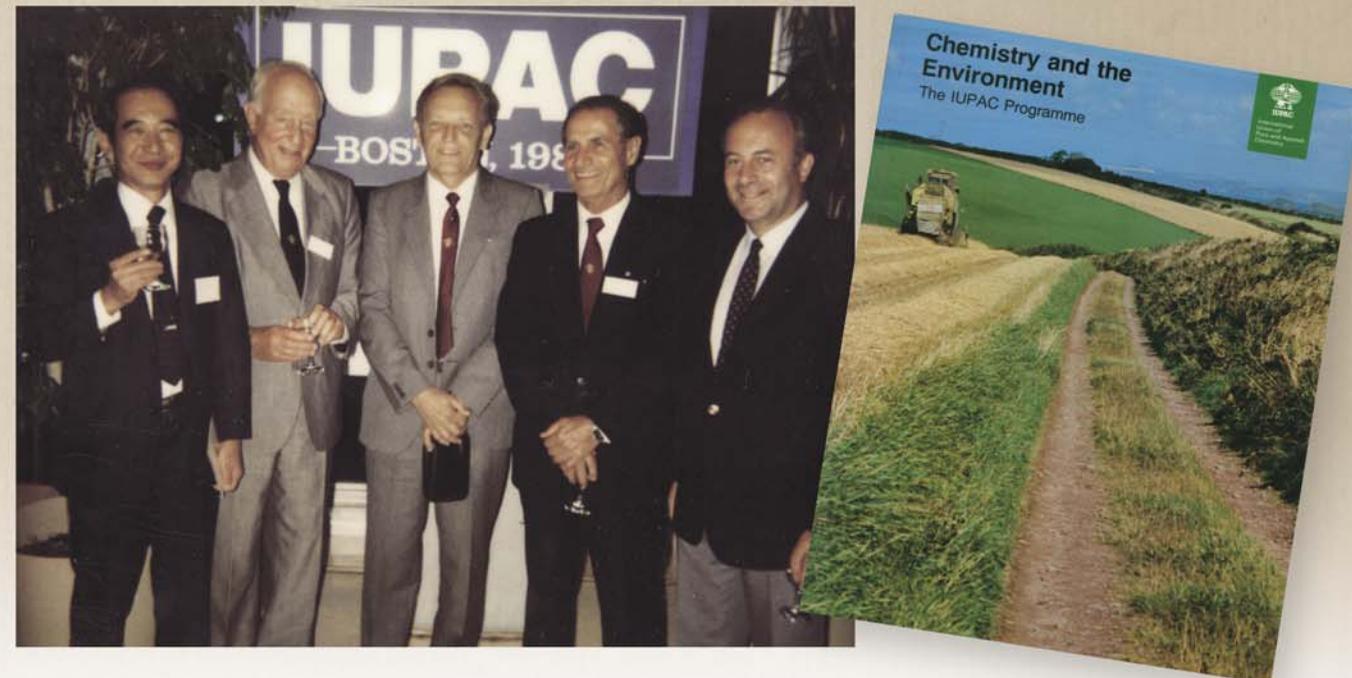
Сибирским отделением РАН и Национальной академией наук Республики Беларусь в память о выдающемся ученом учреждена премия им. В. А. Коптюга, вместе с которой вручается настольная памятная медаль



В. А. Коптюг с коллегами из Новосибирского института органической химии СО АН СССР во время поездки в США на Международную конференцию по применению ЭВМ в химии. У ограды Белого дома. 1982 г.

всего ЯМР и масс-спектрометрии, что в большой степени было заслугой В. А. Коптюга. Одним из первых он понял значимость математических методов в химии. Это и химическая информатика, и банки данных, и машинные методы введения в память ЭВМ структурных и спектральных данных. В частности, значению компьютеризации химических исследований был посвящен его прекрасный пленарный доклад на XIII Менделеевском съезде по общей и прикладной химии в Ленинграде в 1984 г.

С развитием новых направлений и тенденций в химии и пониманием роли международного сотрудничества в решении глобальных проблем современности был связан интерес Коптюга к деятельности Международного союза теоретической и прикладной химии (ИЮПАК). Начав работу в Комиссии по строению молекул и спектроскопии, через несколько лет он был избран членом Бюро ИЮПАК, а вскоре и президентом этого одного из самых авторитетных международных научных союзов. Он привлек к работе в ИЮПАК многих ведущих химиков Сибирского отделения и других научных центров страны.



В 1987 г. на 34-й Генеральной ассамблее ИЮПАК в Бостоне (США) В. А. Коптюг был избран президентом ИЮПАК на двухлетний срок. По его инициативе ИЮПАК приступил к реализации масштабной программы «Химия и окружающая среда»

## От химии к защите окружающей среды

Понимая всю сложность современных проблем, Коптюг инициировал и возглавил в рамках ИЮПАК и Международного совета научных союзов (ИКСУ) серьезную междисциплинарную программу по окружающей среде.

Совместно с академиками Ю. А. Израэлем и А. С. Исавым он принял активное участие в Конференции ООН по окружающей среде и развитию, состоявшейся в июне 1992 г. в Рио-де-Жанейро, с широким представительством глав государств и правительств многих стран мира. Конференция приняла программный документ «Повестка дня на XXI век».

В сентябре этого же года ИЮПАК провел в Москве Международную конференцию «Химия и устойчивое развитие: чистая окружающая среда, безотходные технологии, наивысшая энергоэффективность» (сопредседатели оргкомитета – академики В. А. Коптюг и О. М. Нефедов). В мае 1993 г. в Минске прошел XV Менделеевский съезд по химии, программа которого полностью была посвящена химическим проблемам экологии. Валентин Афанасьевич выступил на ней с ключевым пленарным докладом.

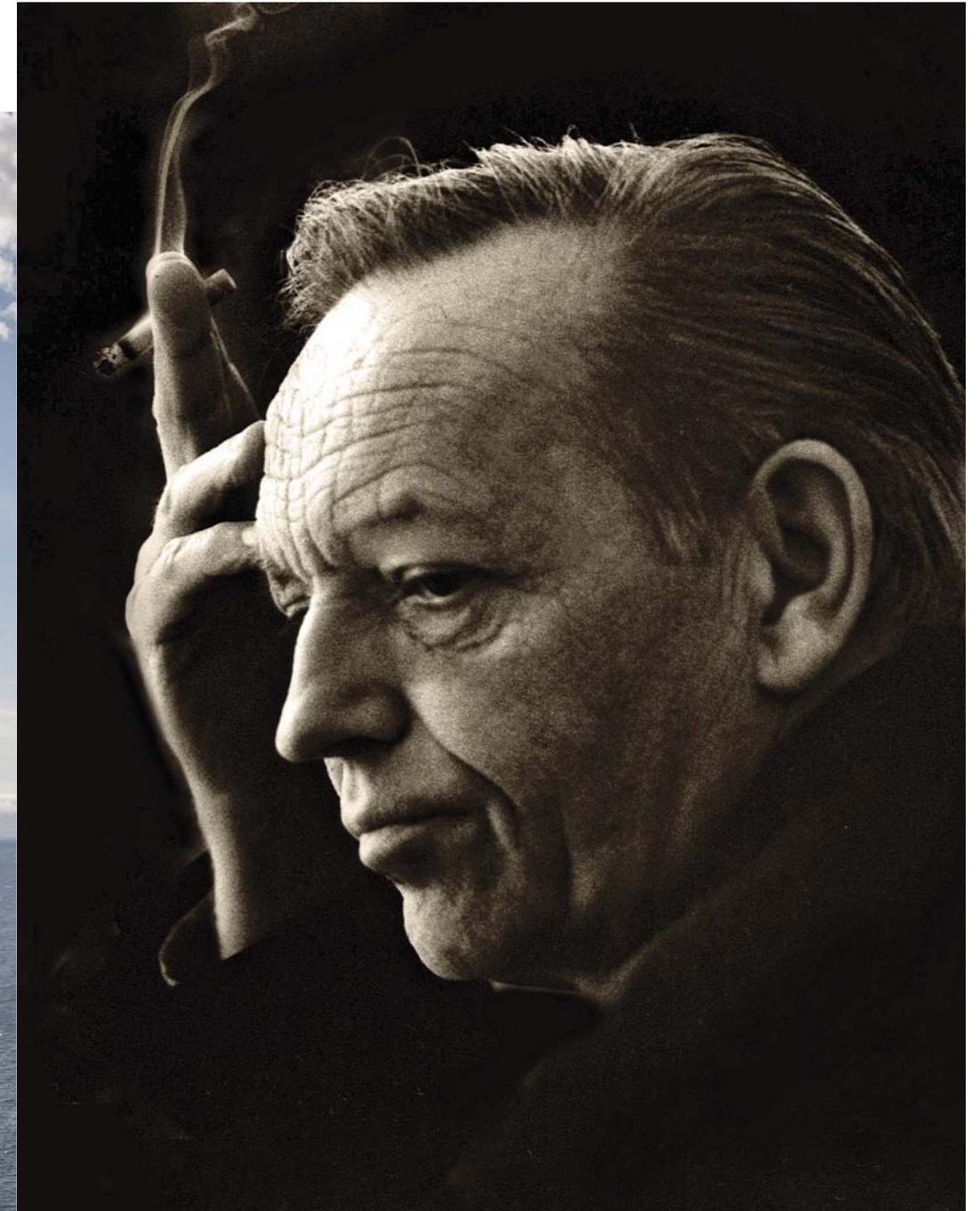
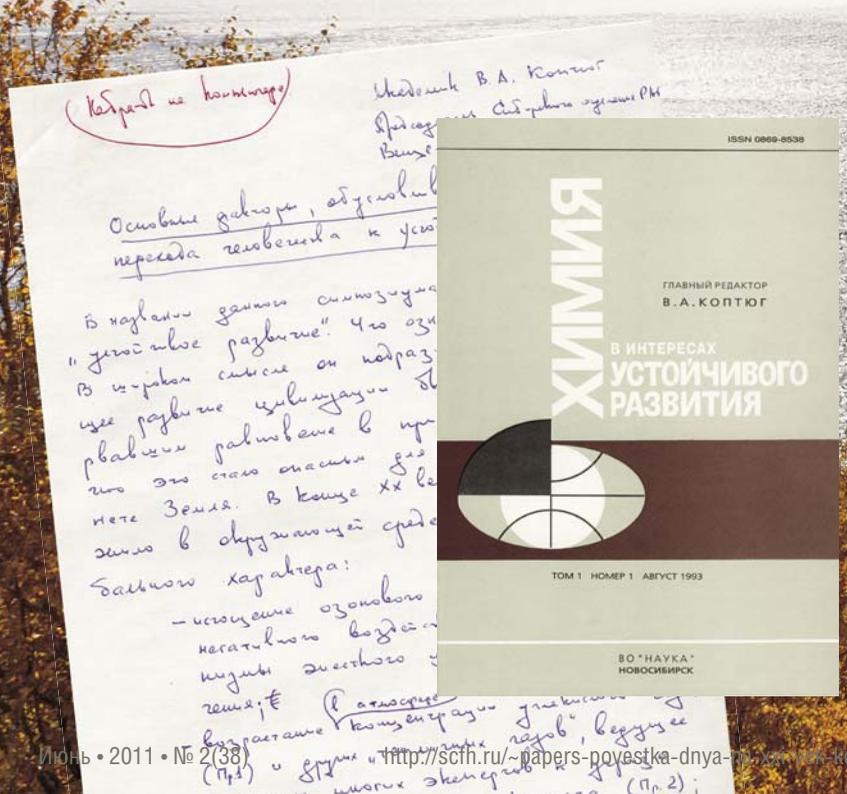
С этого времени проблемы экологии, сохранения окружающей среды, устойчивого развития человечества стали одним из главных направлений деятельности В. А. Коптюга. Он возглавил Объединенный научный совет по экологии РАН, стал членом Консультативного совета высшего уровня по устойчивому развитию при Генеральном секретаре ООН. На разных уровнях Коптюг отстаивал концепцию устойчивого развития, необходимость сохранения окружающей среды. По его инициативе в Новосибирске стал издаваться журнал «Химия в интересах устойчивого развития».

Более четырнадцати лет с нами нет В. А. Коптюга, однако дело этого выдающегося ученого-химика, патриота и гражданина продолжается. По инициативе ИЮПАК и ряда национальных научных организаций, включая Российскую академию наук, 2011 год объявлен Международным годом химии. Соответствующая резолюция принята 63-й сессией Генеральной Ассамблеи ООН.

В тематике мероприятий, проводимых в рамках Международного года химии, значительное место занимают проблемы экологии и устойчивого развития.

# Повестка дня на XXI век

Концепцию устойчивого развития, принятую в 1992 г. на конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро, можно выразить в двух словах: это модель развития общества, при которой и нынешнее, и будущие поколения людей будут иметь достаточные ресурсы для жизни и прогресса. Для реализации этой по сути простой идеи на конференции в Рио-де-Жанейро была принята «Повестка дня на XXI век» – большая и подробная программа действий всех стран в области образования, экономики, ресурсов и т. п. В нашей стране концепция устойчивого развития появилась благодаря Валентину Афанасьевичу Коптюгу, который воспринял ее не только умом, но и сердцем, и для которого она стала «главным делом жизни». Он был основным лоббистом принятия соответствующих постановлений правительства по разработке Стратегии устойчивого развития России, предлагая разумную программу, на базе которой российская интеллигенция могла бы реализовать свою функцию в обществе. С уходом из жизни Валентина Афанасьевича эта деятельность на официальном уровне фактически прервалась. Однако альтернативы стратегии устойчивого развития до сих пор не появилось, и пока она остается единственно возможным спасением от хаоса, экологических катастроф и социальных взрывов



Фрагмент рукописи В. А. Коптюга «Основные факторы, обуславливающие необходимость перехода человечества к устойчивому развитию» (1994 г.). По инициативе Коптюга в Новосибирске начал выходить международный журнал «Химия в интересах устойчивого развития» (на русском и английском языках)

## Концепция устойчивого развития и социально-политические движения

Доклад на Международной научной конференции «Альтернативы общественного развития на пороге XXI века и социально-политические движения». Москва, 13 мая 1996 г.

Анная Конференция посвящена рассмотрению альтернатив общественного развития при вхождении в XXI в. С моей точки зрения, у человека по большому счету есть только две альтернативы – гибель цивилизации или объединение усилий по реализации не на словах, а на деле концепции устойчивого развития, что было констатировано Конференцией ООН по окружающей среде и развитию в июне 1992 г. в Рио-де-Жанейро, документы которой, касающиеся новой парадигмы развития, были одобрены всеми главами государств или правительствами. Необходимость выбора между двумя указанными альтернативами в пользу второй очевидна.

Реализация этой концепции в каждой стране, естественно, будет учитывать национальные традиции и культуру, а также государственные интересы, но в основу ее должны быть положены общие для человечества принципы хозяйствования и жизни, учитывающие интересы общества и совместимые с жизнью природы.

Часто говорят, что концепция устойчивого развития утопична, также как утопичны, хотя и разумны, основополагающие требования христианской морали и коммунистической идеологии руководствоваться в жизни каждого определенными, отражающими интересы общества и исторического периода, принципами. Более того, иногда с известной долей иронии говорят, что эта концепция закладывает основы новой религии XXI в.

Ничего предосудительного я лично в этом не вижу. Ведь общество не может жить без определенных моральных установок, обычно облакаемых в различные формы, адекватные уровню осознания требований определенного этапа общественного развития.

Но когда сегодня видишь бывшего члена Политбюро или просто ЦК КПСС, стоящего со свечкой в храме, то становится ясно, что у этого человека не было раньше и нет сейчас осознанных жизненных принципов и понимания того, что такое религия.

Да, концепцию устойчивого развития можно в некоторой степени рассматривать как религию XXI в. Обратите, кстати, внимание на наблюдающееся сейчас

сближение многих «зеленых движений» с церковью, а шире – с моральным кодексом многих вероисповеданий.

С другой стороны, концепция устойчивого развития опирается на сугубо научный анализ развития цивилизации в XX в. и научные прогнозы, относящиеся к грядущему XXI в. Именно научная обоснованность основных положений указанной концепции, ее безальтернативность с позиций всего человечества побудили глав государств или правительств единодушно подписать в Рио-де-Жанейро документы, согласно которым они взяли на себя ответственность за разработку и реализацию национальных стратегий устойчивого развития.

Национальные стратегии являются, по существу, долгосрочными государственными планами, включающими показатели, которые страна собирается поэтапно достичь в социальной, экономической и экологической областях в соответствии с намечаемыми темпами движения по пути устойчивого развития. Примером может служить национальная стратегия устойчивого развития Великобритании, принятая в январе 1994 г.

Не прошло и четырех лет после Конференции ООН в Рио, как «раскачалась» и Россия – Президент нашей страны 1 апреля 1996 г. подписал указ о разработке проекта государственной стратегии устойчивого развития Российской Федерации.

Чем же вызвана необходимость принятия новой парадигмы развития? Что сделало лидеров государств на Конференции ООН в Рио столь единодушными в этом отношении?

Ответ прост – к концу XX в. обозначился ряд глобальных негативных проблем, усугубление которых в рамках прежнего пути развития ведет человечество к неминуемой катастрофе.

Среди таких проблем следует прежде всего обратить внимание на все возрастающий экономический разрыв между развитыми и развивающимися странами – у первых валовой национальный продукт (ВНП) с 1970 по 1989 г. вырос вдвое, а у вторых практически не изменился. Если соотношение доходов 20 % наиболее богатой части населения мира и 20 % беднейшей части состав-

Термин, который не очень точно переводится с английского как «устойчивое развитие», впервые появился в 1986 г. в русском издании книги «Наше общее будущее», осуществленном в Копенгагене Комиссией ООН. Эта Комиссия перед тем на протяжении более года объезжала столицы основных стран мира, знакомясь с их экономическим, социальным и экологическим состоянием. Результаты своей работы она изложила в виде книги, изданной одновременно на шести языках.

В 1989 г. книга была переиздана в СССР издательством «Прогресс». Термин «устойчивое развитие» в этой книге был употреблен для суммирования условий, при соблюдении которых человечество сможет избежать нависших над ним в конце XX в. кризисных ситуаций.

Широкое звучание этот термин получил в июне 1992 г. на Второй международной конференции по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро. В ее работе приняли участие представители 180 стран; в ряде случаев делегации возглавлялись главами правительств. После горячих дебатов был принят ряд основополагающих документов, главный из которых носит характерное название «Повестка дня на XXI век».

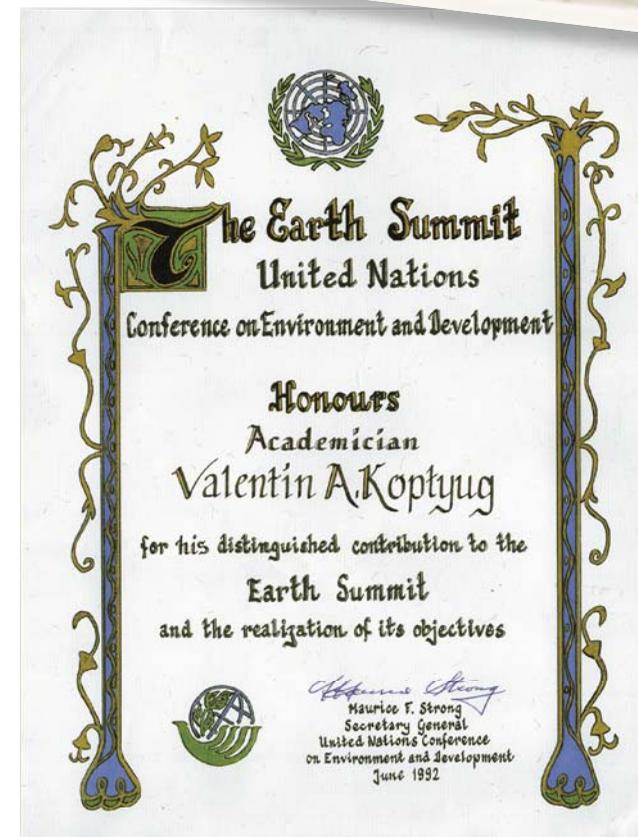
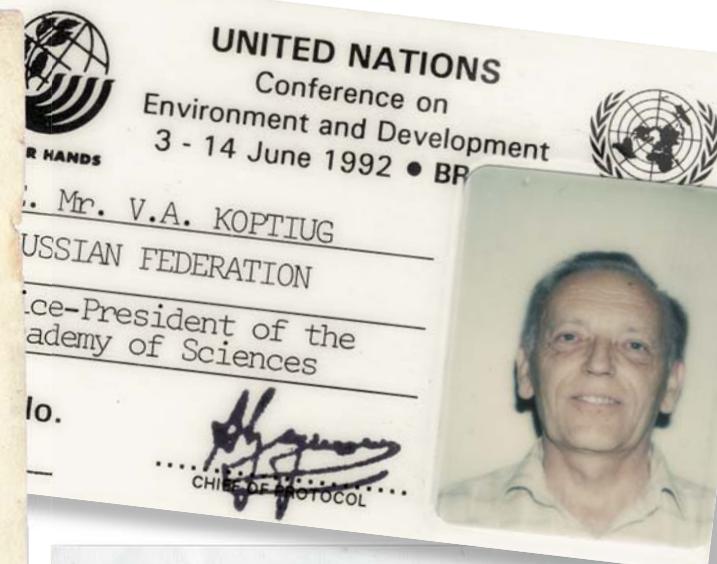
Научную часть большой делегации Российской Федерации на этой Конференции возглавлял академик В. А. Коптюг. Он принимал активное участие в ее работе, много раз выступал по разным вопросам, вносил предложения и делал многочисленные редакционные уточнения в принимавшиеся документы.

А самое главное, он сам хорошо понял значение для человечества идеи устойчивого развития, проникся ею, осознал необходимость коренного изменения многих принципиальных основ материальной и духовной жизни общества для обеспечения дальнейшего существования. Вернувшись из Рио-де-Жанейро в Россию, В. А. Коптюг стал ревностным пропагандистом идеи устойчивого развития...

Если не считать упоминавшейся выше книги «Наше общее будущее», то именно из публикаций В. А. Коптюга по этому вопросу, первые из которых появились уже в конце 1992 г., наша общественность узнала что такое «устойчивое развитие», к чему надо стремиться и что надо делать, чтобы попытаться его достигнуть в нашей стране, хотя, разумеется, это были лишь первые основополагающие установки, требовавшие разработки.

Академик РАН А. Л. Янин

По: (Новая парадигма развития России, 1999, с. IX)



Академик Коптюг возглавлял научную группу российской делегации на Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.). За выдающийся вклад в организацию конференции и реализацию ее задач он был отмечен специальным почетным дипломом (внизу). Вверху – пропуск участника конференции В. А. Коптюга

**В**ернувшись домой после участия в работе конференции в Рио-де-Жанейро, В. А. Коптюг написал, что конференция «констатировала невозможность движения развивающихся стран по пути, которым пришли к своему благополучию развитые страны. Эта модель признана ведущей к катастрофе, и провозглашена необходимость перехода мирового сообщества на рельсы устойчивого развития, обеспечивающего должный баланс между решениями социально-экономических проблем и сохранением окружающей среды, удовлетворения основных жизненных потребностей нынешнего поколения с сохранением таких возможностей для будущих поколений. Если человечество не сделает этого, то его ждет катастрофа. Совершить революционный переход к новому партнерскому типу взаимоотношений в мире, к новому характеру производства и потребления человечество, как подчеркивалось на Конференции, сможет только в том случае, если все слои населения во всех странах осознают безусловную необходимость такого перехода и будут ему всемерно содействовать».

В подготовленном им обзоре он с неприкрытым чувством досады честного ученого и гражданина отмечал, что «учитывая огромную историческую значимость Конференции в Рио-де-Жанейро, информационные агентства всего мира широко освещали ход ее работы и комментировали сложные вопросы, по которым велся поиск компромиссных решений... К сожалению, в нашей стране работа Конференции и ее итоги освещались очень скудно, несмотря на то, что правительствам и парламентам всех стран мира предложено рассмотреть ее решения и сверить с ними свою национальную политику». Долгое время этот прекрасный обзор оставался единственным материалом без купюр и умолчаний, доносящим суть и содержание решений конференции в Рио-де-Жанейро до ученых и широкой общественности нашей страны.

*Академик РАН В. М. Матросов, д. с. н. В. К. Левашов  
По: (Новая парадигма развития России, 1999, с. 456)*



В. А. Коптюг с супругой были приглашены на празднование 250-летия Шведской Королевской академии наук. Стокгольм, 1989 г.

ляло в 1960 г. 30:1, то в 1989 г. уже 59:1. На долю 20 % наиболее богатой части в 1989 г. приходилось 82,7 % мирового дохода, а на долю 80 % остальных – 17,3 %.

Еще недавно Россия не знала у себя этой проблемы, а сегодня включилась в общемировую гонку чудовищного расслоения общества.

Серьезную угрозу таит в себе наметившаяся в период индустриальной революции тенденция потепления климата, чреватая подъемом уровня Мирового океана, осложнениями для сельского хозяйства и многими другими негативными последствиями. Есть основания полагать, что эта тенденция в значительной мере обусловлена все нарастающими выбросами «парни-

ковых газов» и прежде всего выбросами энергетики и транспортом углекислого газа.

Уровень экономического развития прямо связан с уровнем потребления ресурсов. Например, потребление на душу населения в США и Индии алюминия различается в 34 раза, меди – в 45 раз, стали – в 16 раз, нефти – в 43 раза, природного газа – в 184 раза и т. д. В свою очередь потребление сопряжено с загрязнением и деградацией окружающей среды. Например, по данным ЮНЕП, образование опасных отходов в конце 80-х гг. в США составляло 270 млн т в год, в Западной и Восточной Европе – 40–45 млн т и 18–20 млн т в остальной части мира.

Как же поднять благосостояние 80 % населения мира, на долю которых приходится всего 17,3 % мирового дохода, если негативное воздействие человека на природу уже сейчас достигло предела? Если, например, уже сегодня рассеяние на планете токсичных тяжелых металлов в результате деятельности человека стало сопоставимым с геологическими процессами (извержения вулканов, вымывание, выветривание)?

Деградация природы выражается в резком сокращении видового разнообразия планеты, являющегося основой гармонии жизни и новых биотехнологических процессов, ориентированных на решение широкого круга задач.

На упомянутые проблемы налагается взрывообразный рост численности населения планеты – в период с 1900 по 1950 г. эта численность удвоилась, а в период с 1950 по 1990 г. возросла еще в 2 раза и составила 5,6 млрд человек, продолжая стремительно расти.

В рамках парадигмы развития XX в. рост доходов всегда был сопряжен с ростом отходов и выбросов в окружающую среду. Это наглядно прослеживается на примере роста количества муниципальных отходов и выбросов в атмосферу углекислого газа.

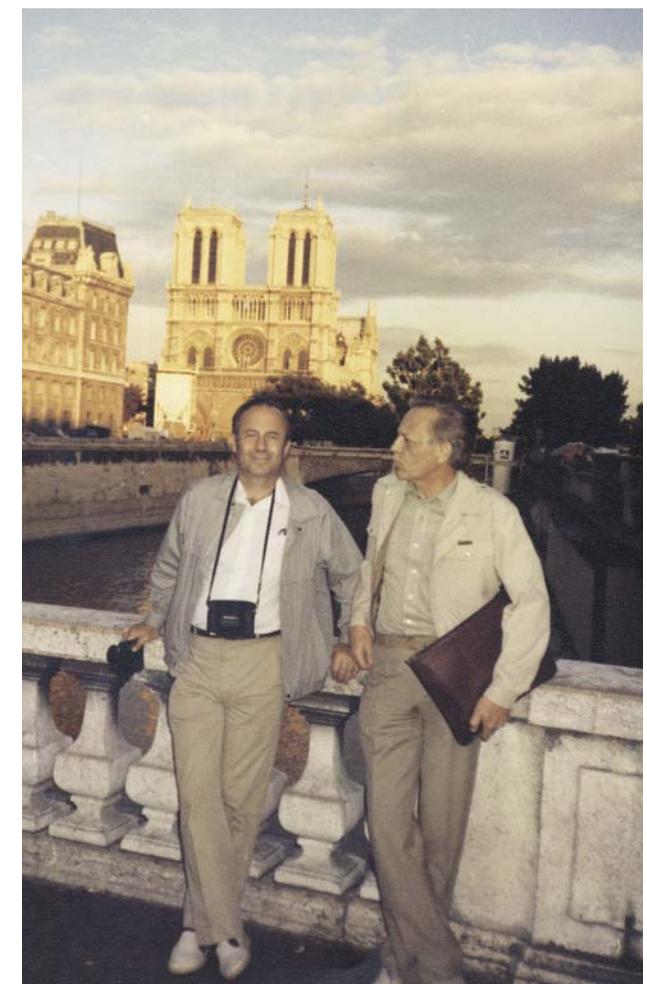
Опираясь на анализ указанных и ряда других глобальных проблем, Генеральный секретарь Конференции ООН по окружающей среде и развитию Морис Стронг констатировал: «Процессы экономического роста, которые порождают беспрецедентный уровень благополучия и мощи богатого меньшинства, ведут одновременно к рискам и дисбалансам, в одинаковой мере угрожающим и богатым, и бедным. Такая модель развития и соответствующей ей характер производства и потребления не являются устойчивыми для богатых и не могут быть повторены бедными (не хватит ресурсов – В. К.). Следование по этому пути может привести нашу цивилизацию к краху».

Но есть еще один фактор, очень серьезно осложняющий ситуацию, в которую попало человечество на пороге XXI в. Наиболее четко его сформулировал польский писатель Станислав Лем. Он обратил внимание на то, что темпы нарастания глобальных проблем, их сложность и комплексность оказались такими высокими, что традиционный, медленно меняющийся, характер отбора обществом политических лидеров и требований к ним оказался уже не соответствующим масштабу проблем. В 1992 г. Лем сформулировал это следующим образом: «Необходимость выбора между цивилизацией

С академиком Н. А. Платэ в Париже, по пути в Лион на 33-ю Генеральную ассамблею Международного союза по теоретической и прикладной химии (ИЮПАК), на которой Коптюг был единогласно и безальтернативно избран вице-президентом. 1985 г.

как глобальным проявлением знатоков-экспертов и цивилизацией как правлением политических лидеров, демагогически обещающих все, а на деле не способных дать ничего, будет все более и более острой. Остается только желать, чтобы когда-нибудь наступило время проверки профессиональной пригодности как экспертов-специалистов, так и политиков – проверки, одинаково тщательной для тех и других. Ведь общая тенденция, заметная буквально повсюду, в том числе в США, такова, что возрастающей сложности государственных, социальных, технических, наконец глобальных проблем сопутствует явное снижение уровня компетентности правящих».

Именно поэтому в концепции устойчивого развития подчеркивается исключительная важность роли общества и общественно-политических движений в принятии правительствами кардинальных решений, определяющих смену парадигмы развития на будущее. Подавляющее большинство социалистических и социал-демократических партий разных стран сразу взяло концепцию устойчивого развития на вооружение,



Информационный обзор Конференции в Рио, который В. А. Коптюг написал, как говорится, на одном дыхании, долгое время оставался едва ли не единственным источником сведений об этом форуме и по числу ссылок на него в научной литературе превзошел многие аналогичные издания. Другие участники российской делегации в Рио, как и официальная пресса, словно в рот воды набрали или отделялись краткими формальными откликами. Причины этого лежали на поверхности. Документы Конференции своей сутью настолько противоречили направленности пропагандированных российских «реформ», что простое непредвзятое сопоставление разнонаправленных векторов развития было для власти опасным...

Валентин Афанасьевич был в то время единственным представителем России в Совете по устойчивому развитию при Генеральном секретаре ООН, к тому же он был президентом или вице-президентом целого ряда международных научных союзов. Он часто летал за рубеж, приезжал отсюда нагруженный материалами и впечатлениями. Нередко он сразу же по возвращении принимался самолично снимать копии иногда довольно объемистых документов... Я думаю, он получал удовольствие от этой механической работы, позволявшей ему сосредоточиться на каких-то мыслях или использовать это время для оживленного рассказа о чем-то интересном...

6 июля 1993 г. состоялись первые парламентские слушания в Верховном Совете по проблеме устойчивого развития России. Там впервые столкнулись два по сути противоположных видения этого цивилизационного процесса. В докладе министра экологии В. Данилова-Данильяна отстаивался тезис о преимущественно экологическом содержании Концепции устойчивого развития. Академик В. Коптюг в своем глубоко аргументированном докладе, а затем и в заключительном слове мягко, интеллигентно, но абсолютно непреклонно доказывал иное: устойчивое развитие – это комплексное переустройство жизни, включая социальные, экономические, управленческие, экологические, общественно-психологические и иные ее аспекты; всякая зауженная трактовка устойчивого развития является профанацией, фальшью и служит лишь целям оправдания разрушительного курса руководства страны.

...Постоянно наталкиваясь на сопротивление, неверие, скепсис, он настойчиво и неуклонно шел вперед. К концу осени 1995 г. по его инициативе был подготовлен наш совместный доклад «Устойчивое развитие цивилизации и место в ней России. Проблемы формирования национальной стратегии». В. А. Коптюг наполнил доклад множеством цифр, графиков, системой индикаторов, анализом глобальных предпосылок перехода России к новой парадигме в условиях полного краха «перестройки» и последовавших за ней «реформ».

На представление доклада в Москве он прилетел 30 ноября 1995 г. большим. Мне, отговаривавшему его накануне от полета из Иркутска (где я участвовал в региональной конференции по устойчивому развитию), как и своей помощнице, проявлявшей тревогу по поводу его болезни, он объяснил: «Это – главное дело моей жизни. Не могу не лететь».

Ю. Г. Демянко, к. т. н., зав. сектором Исследовательского центра им. М. В. Келдыша

По: (Эпоха Коптюга, 2001, с. 242–250)

и включило ее в свои программные документы, признавая ее безальтернативность и прогрессивность...

С проблемой компетенции «правящих» очень болезненно столкнулась наша страна в период, когда перед ней, как и перед всем миром встала задача кардинальной корректировки курса развития. Новые руководители сначала СССР, а затем России спугали, что такое рынок – цель или средство. Рынок любой ценой – это просто глупость! Это подмена цели, рынок – один из инструментов, который должен аккуратно использоваться для достижения настоящей цели.

Еще большая глупость надеяться, что рыночные отношения все отрегулируют и приведут нас к желаемой цели. Даже регулируемый государством рынок, как это давно делается в развитых странах, все больше и больше входит по многим направлениям в противоречия с целями устойчивого развития.

Приведу лишь один пример. В 1980-е гг. в Германии не без труда был достигнут социальный консенсус в деле формирования экологичной рыночной экономики. Но уже в конце 1980-х гг. все громче и громче зазвучали критические голоса предпринимателей с призывом затормозить и даже повернуть вспять проводимую политику охраны окружающей среды, поскольку «защита окружающей среды – это палка в колеса промышленности», она «удушает малый и средний бизнес» и «является слишком тяжелым бременем для экономики Германии».

Причина этих протестов состоит в том, что разумная экологическая политика подрывает главную движущую силу рыночных отношений – погоню за максимизацией прибыли, а потому интересы общества можно и потеснить. Чтобы противостоять напору предпринимателей и заручиться поддержкой общества, Федеральная служба



На посту президента ИЮПАК В. А. Коптюг отстаивал необходимость перестройки деятельности этой организации в свете изменяющихся требований к химии со стороны мирового сообщества и усиления внимания к проблемам окружающей среды. По его инициативе ИЮПАК приступил к реализации программы «Химия и окружающая среда». На фото – заседание Координационного комитета. В 1992 г. В. А. Коптюг был избран вице-президентом Международного научного комитета по проблемам окружающей среды (SCOPE). Сообщая об этом, журнал «Chemical and Engineering News» (9 марта 1992 г.) выразил надежду, что его приход на этот пост усилит взаимодействие SCOPE с химиками

окружающей среды Германии была вынуждена в 1994 г. выпустить специальную книгу, разъясняющую необходимость защиты природы, сбалансированного решения социальных, экономических и экологических проблем в интересах будущих поколений.

Президент Франции Франсуа Миттеран, которого вспоминают как великого политического и государственного деятеля мирового масштаба, выступая в марте 1995 г. в Копенгагене на Всемирном форуме на высшем уровне в интересах социального развития, говорил: «Я задаю себе вопрос – сумеем ли мы предотвратить превращение мира во всеохватывающий рынок, где господствует закон сильного, где главной целью является получение максимальной прибыли в кратчайшие сроки? Я спрашиваю себя – не отдаем ли мы будущие поколения игре этих слепых сил?»

Спикер парламента Швеции Бригитта Даль, поддерживая концепцию устойчивого развития, в своем выступлении в июле 1993 г. в Лондоне говорила: «Мы хотим ответственного и устойчивого развития, основанного на экономическом росте, который достигается не путем жесткой эксплуатации человека и природы и не путем жесткой эксплуатации других народов и их природных ресурсов... Мы ясно видим, что рыночная экономика с ее безудержной эксплуатацией человека

и природы и жесткие санкции, предпринимаемые Международным валютным фондом по отношению к развивающимся странам, сами по себе не могут решить упомянутые проблемы... Скоро нас будет 10 миллиардов (численность населения Земли, прогнозируемая на 2030 г., – В. К.). Нельзя поэтому основывать стратегию выживания человечества на сегодняшних технологиях и неоллиберальной рыночной экономике».

И чем дальше, тем все больше и больше рыночные силы будут входить в противоречие с интересами общества. Добиться смягчения этих противоречий удастся только тогда, когда простой экономический счет будет заменен эколого-экономическим, т. е. учитывающим не только капитал, созданный трудом человека, но и «природный капитал», включая все ущербы ему. А пока функционирование рынка должно направляться в требуемую сторону достаточно четким и жестким государственным регулированием с использованием законодательных и экономических рычагов.

Поэтому в национальных стратегиях устойчивого развития многих стран решение ряда проблем связывается с развитием экологичной экономики как научной дисциплины и основы для принятия экономических решений. Одним из примеров являются намечаемые механизмы сокращения числа индивидуальных авто-



«Сибирское отделение с первых дней своего существования выступало против строительства Байкальского и Селенгинского комбинатов, на всех этапах боролось со сбросом сточных вод в Байкал и Селенгу, с выбросами в атмосферу. Собственно, когда общественность «раскачалась» в защиту Байкала, она опиралась как раз на материалы Сибирского отделения, на те 25 томов, в которых обобщались все знания, накопленные по Байкалу».

(Из выступления В. А. Коптюга на встрече по проблемам экологии в клубе межнаучных контактов Дома ученых СО АН СССР. 1987 г.)

В последние годы жизни Валентина Афанасьевича центральное место в его деятельности заняли проблемы охраны окружающей среды и устойчивого развития человеческого сообщества на планете. Среди отечественных ученых он был, наверное, наиболее компетентным специалистом по этим вопросам, что определялось в первую очередь его высочайшим профессионализмом в области химии и химических технологий и стимулированием им же самым широкого комплекса экологических исследований, проводившихся институтами СО РАН в наиболее неблагоприятных регионах Сибири. В такой «специализации» Валентина Афанасьевича особое значение имела его полная погруженность в проблемы охраны озера Байкал до и после принятия известного постановления 1987 г. Он ни на минуту не ослаблял своего внимания к байкальским проблемам и активно привлекал к их решению администрации Республики Бурятия, Иркутской и Читинской областей, на территориях которых находятся Байкал и его бассейн.

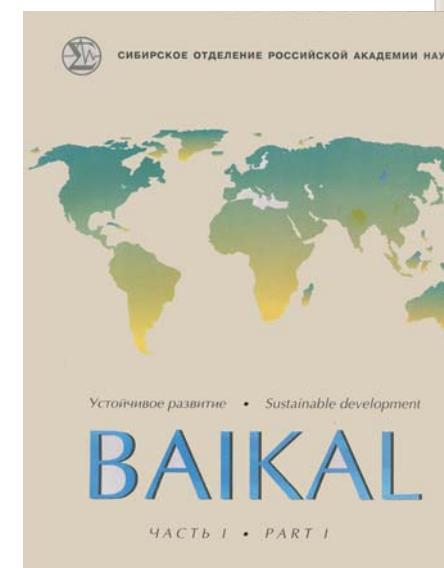
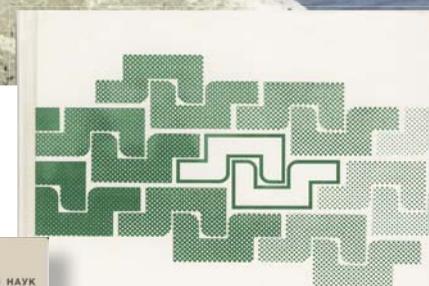
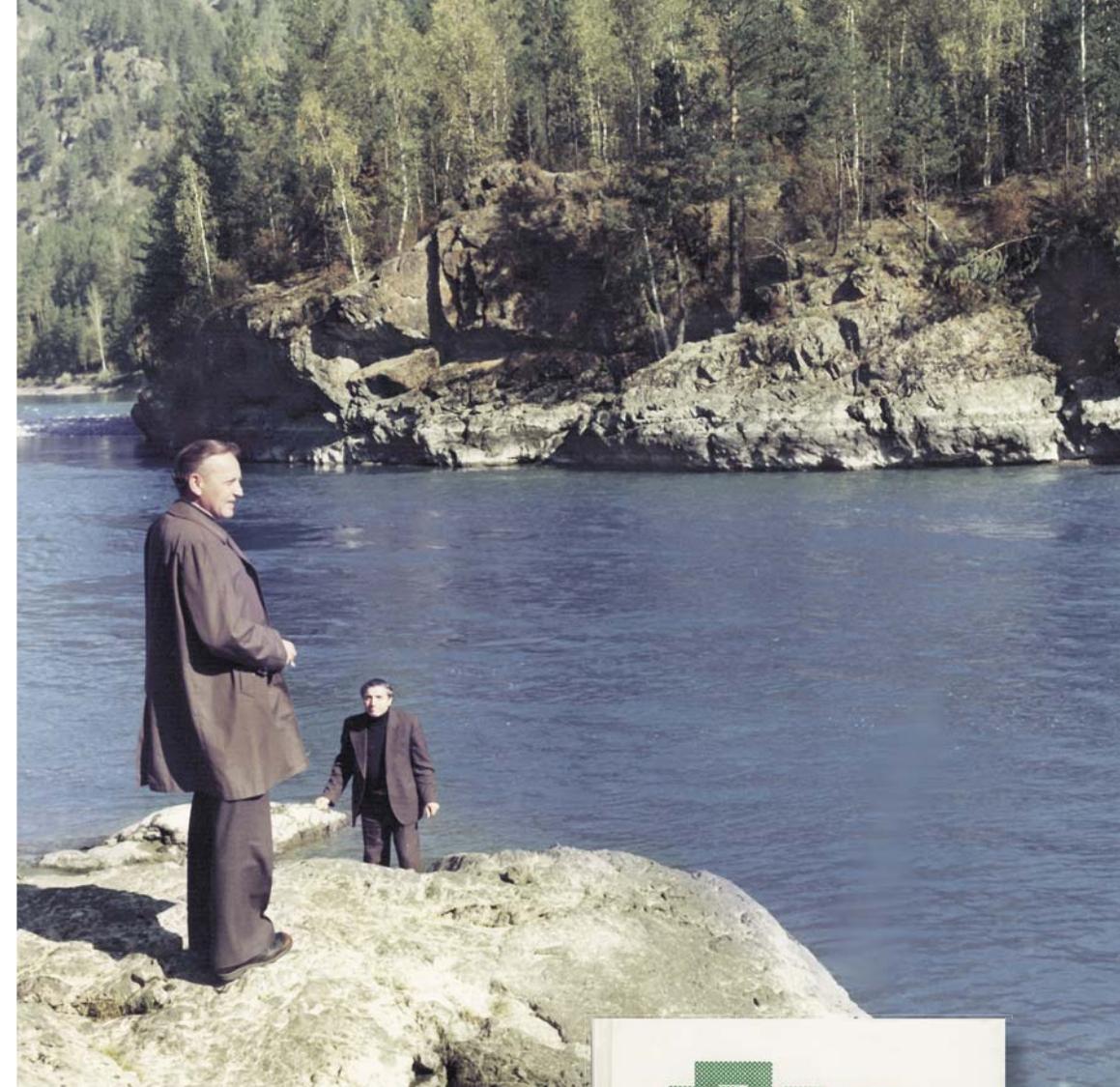
Академик РАН Н. А. Логачев, в 1977–1992 гг. председатель Президиума Иркутского научного центра СО РАН  
По: (Эпоха Коптюга, 2001, с. 143)

Из выступления В. А. Коптюга на Консультативном совете высокого уровня по устойчивому развитию при Генеральном секретаре ООН. Нью-Йорк, 12 сентября 1993 г.:

«Представляется целесообразным выделить в ряде стран территории, устойчивое развитие которых имеет не только национальное, но и большое международное значение. Такие территории должны рассматриваться как «модельные территории всемирного значения», выполнение сбалансированной программы экономического, социального и экологического развития (устойчивого развития в соответствии с рекомендациями „Повестки дня на XXI век“) которых должны периодически контролировать миссии ООН. Очень важно, чтобы на этих территориях работали международные научные центры типа открытых институтов или лабораторий и международные центры обмена чистыми производственными технологиями. В качестве одного из возможных примеров я хотел бы предложить озеро Байкал».

В сентябре 1994 г. Сибирское отделение РАН совместно с Отделением НАТО по науке и окружающей среде, Федеральным агентством по охране природы Германии и Правительством Республики Бурятия провели в Улан-Удэ Международную конференцию «Байкальский регион как мировая модель устойчивого развития». На ней была представлена разработанная институтами Иркутского и Бурятского центров СО РАН концепция устойчивого развития Байкальского региона.

За день до смерти, 9 января 1997 г., на заседании Правительственной комиссии по Байкалу В. А. Коптюг выступил с докладом как председатель экспертной группы Комиссии по перепрофилированию Байкальского целлюлозно-бумажного комбината



3 декабря 1990 г. состоялось подписание учредительного договора о создании Байкальского международного центра экологических исследований. Через четыре года на Международной конференции «Байкальский регион как мировая модель устойчивого развития» (Улан-Удэ, 1994 г.) прошло обсуждение концепции устойчивого развития Байкальского региона, разработанной институтами Сибирского отделения РАН

Sustainable Development of the Lake Baikal Region

A Model Territory for the World

Edited by Valentin A. Koptlyug Martin Uppenbrink

NATO ASI Series

2. Environment – Vol. 6

мобилей с одновременным развитием общественного транспорта с целью сокращения выброса транспортными средствами вредных веществ в атмосферу, в том числе углекислого газа, на одного перевозимого человека. Напомню, что транспорт, работающий на углеводородном топливе, потребляет сегодня 60% добываемой в мире нефти.

Не следует думать, что движение человечества к устойчивому развитию будет бесконфликтным. Наоборот, наше время и ближайшие два-три десятилетия будут периодами острейшей борьбы на мировой арене за ресурсы, экологический резерв и интеллектуальный потенциал. Академик Н. Н. Моисеев («Зеленый мир», № 12, 1996 г.), рассматривая упоминавшийся выше быстро растущий экономический разрыв между развитыми и развивающимися странами, приходит к выводу, что остановить этот процесс необычайно сложно, поскольку он определяется не народами и даже не правительствами и парламентами, а исповедывающими рыночную «мораль» транснациональными корпорациями (ТНК), на долю которых сегодня приходится треть всех производственных фондов мира. Система ТНК имеет явно выраженную тенденцию к расширению, планетарному тоталитаризму и все большему обособлению в рамках человечества с выделением так называемого «золотого миллиарда» (все те же 20% наиболее богатых).

Противостоять этому может лишь разум и воля тех, кто понимает мировые тенденции и определяет стратегию развития каждой страны в рамках общечивилизационных усилий и национальных интересов, осознание народами крайней сложности ситуации и скорейшее формирование многополярного



мира. Исключительно важную роль при этом должны сыграть и общественно-политические движения.

А как на фоне всего происходящего обстоят дела с Россией? Плохо. Как великая держава, один из двух существовавших геополитических полюсов мира, она в результате хаотичных преобразований потеряла свое значение. Идет ли она сегодня в направлении устойчивого развития? Анализируя социальные, экономические и экологические показатели «развития» последних лет, можно твердо сказать: нет! Россия идет, а точнее ее ведут, в направлении, прямо противоположном пути устойчивого развития.

В «Советской России» (12 мая 1996 г.) опубликована моя статья, посвященная сопоставлению результатов социально-экономических реформ в России и в Китае. Это сопоставление подтверждает указанный вывод и острейшую необходимость смены курса!

Выше отмечено, что наряду с борьбой за ресурсы и экологические резервы, не менее острой будет борьба и за интеллектуальный потенциал. Это объясняется тем, что образование и наука становятся решающими факторами борьбы человечества и каждой страны за выживание в условиях нарастания глобальных проблем при вступлении в XXI в. Потеря научных школ и высококвалифицированных технических и технологических кадров, если она наложится на развал экономики, отбросит нашу страну надолго, а может быть навсегда, на задворки мировой цивилизации. А противостоять такой потере крайне трудно, поскольку сегодня в России доля ВВП, выделяемая на развитие науки, во много раз ниже, чем в ведущих странах, и сравнялась с показателями стран Южной Америки и Африки, а заработная плата в промышленности составляет всего 0,3% от таковой в Германии.

Хочется, конечно, надеяться, что наши ученые и инженеры являются не только первоклассными специалистами, что подтверждается высоким спросом на них в мире («утечка умов» из России общеизвестна), но и патриотами своей страны, которая, не смотря ни на что, все еще имеет серьезные возможности для возрождения и выхода на путь устойчивого развития. Задача общественно-политических движений в России – всемерно содействовать реализации этих возможностей!

Рабочая группа, созданная правительством в апреле 1995 г., подготовила проект Концепции перехода России на модель устойчивого развития. Но при «редактировании» этого проекта в Минэкономике РФ экспертами и консультантами, в том числе зарубежными, принципиальные положения проекта о необходимости кардинального изменения курса реформ для обеспечения перехода России к устойчивому развитию и другие были выхолены. В своих докладах Валентин Афанасьевич говорил о противоречии между пагубным курсом шоковых неоллиберальных реформ и самой возможностью перехода России к устойчивому развитию. Это принципиальное положение было принято состоявшимся в июне 1996 г. Всероссийским экологическим съездом, который забракковал представленный Минэкономике РФ проект Концепции перехода России на модель устойчивого развития и потребовал его кардинальной переработки. Несмотря на это, проект почти в том же виде был представлен на рассмотрение и утверждение в государственную комиссию правительства РФ.

На заседании государственной комиссии в октябре 1995 г. академик В. А. Коптюг утверждал, что нынешний курс реформ ведет нашу страну в тупик и несовместим с ее переходом к устойчивому развитию. Нельзя ограничиваться узко экологическими и экономическими проблемами, как это сделано в предлагаемом проекте, а необходимо рассматривать вопрос в комплексе, с учетом социальных, политических, демографических, финансовых и других проблем, приведших страну к системному кризису. Только при кардинальной смене парадигмы развития страны возможен ее выход на путь устойчивого развития. Тогда председатель Государственной комиссии, министр экономики Е. Ясин заявил, что он знает, как ученый-экономист, что такое социализм, реставрация которого невозможна, что такое капитализм, к которому РФ идет нынешним курсом, но не знает, что такое новый тип общества устойчивого развития, и поэтому путь к нему поддержать не может. Проект был одобрен Государственной комиссией в основном в представленном виде, и после еще одной редакционной доработки Концепция была утверждена Президентом РФ 1 апреля 1996 г.

*Академик РАН В. М. Матросов, д. с. н. В. К. Левашов  
По: (Новая парадигма развития России, 1999, с. 457)*



## Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию

*Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 апреля 1996 г. № 440*

Следуя рекомендациям и принципам, изложенным в документах Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992), и руководствуясь ими, представляется необходимым и возможным осуществить в Российской Федерации последовательный переход к устойчивому развитию, обеспечивающий сбалансированное решение социально-экономических задач и проблем сохранения благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений людей. <...>

### II. Россия на пороге XXI в.

Вывод Конференции ООН по окружающей среде и развитию о том, что на пороге XXI в. «человечество переживает решающий момент своей истории», особенно актуален для России, освобождающейся от старых идеологических догм и выходящей на новый путь развития.

К началу экономических реформ российская экономика оказалась структурно деформированной и неэффективной. Ее негативное воздействие на окружающую среду (в расчете на единицу производимого продукта) существенно выше, чем в технологически передовых странах. Значительная часть основных производственных фондов России не отвечает современным экологическим требованиям, а 16% ее территории, где проживает больше половины населения, характеризуются как экологически неблагоприятные. Вместе с тем в России сохранился крупнейший на планете массив естественных экосистем (8 млн кв. км), который служит резервом устойчивости биосферы.

Груз накопленных в прошлом проблем и специфика переживаемого переходного периода в экономике определяют сложность и болезненность необходимых преобразований. Это проявляется в крупных структурных диспропорциях, неразвитости механизмов практического использования богатого научного, технического, культурного и природного потенциала страны. Однако осуществляемые ныне реформы создают предпосылки для развития позитивных процессов, которые позволят решить существующие проблемы и войти России в XXI в. с качественно новым потенциалом.

Изменение характера участия государства в хозяйственной деятельности, сокращение доли государственной собственности позволят создать экономические условия, обеспечивающие высокую деловую активность. При этом повышаются роль государства – гаранта сохранности окружающей среды и экологической безопасности, действенность государственного управления и контроля в области охраны природы.

Демократизация общественной жизни позволяет повысить роль граждан и негосударственных организаций в подготовке и принятии хозяйственных и иных решений с учетом экологического фактора. Рыночные механизмы в сочетании с мерами государственного регулирования должны сформировать экономические стимулы бережного отношения к природным ресурсам и окружающей среде для субъектов хозяйственной деятельности.

### III. Задачи, направления и условия перехода к устойчивому развитию

Важнейшее значение в создании методологической и технологической основы этих преобразований будет принадлежать науке.

В соответствии с принципами устойчивого развития, выработанными на Конференции ООН по окружающей среде и развитию и последующих международных форумах, должна предусматриваться реализация комплекса мер, направленных на сохранение жизни и здоровья человека, решение демографических проблем, борьбу с преступностью, искоренение бедности, изменение структуры потребления и уменьшение дифференциации в доходах населения.

Одним из основных условий перехода к устойчивому развитию является обеспечение прав и свобод граждан. Движение к этой цели предполагает формирование открытого общества, включающего в качестве системных элементов правовое государство, рыночное хозяйство и гражданское общество.

В создании условий, обеспечивающих заинтересованность граждан, юридических лиц и социальных групп в решении задач устойчивого развития, ведущая роль отводится государству. Прежде всего оно должно гарантировать безопасность в политической, экономической, социальной, экологической, оборонной и других сферах, без чего переход к устойчивому развитию невозможен.

### V. Критерии принятия решений и показатели устойчивого развития

<...> никакая хозяйственная деятельность не может быть оправдана, если выгода от нее не превышает вызываемого ущерба;

– ущерб окружающей среде должен быть на столь низком уровне, какой только может быть разумно достигнут с учетом экономических и социальных факторов. <...>

### VI. Россия и переход к устойчивому развитию мирового сообщества

Поскольку биосфера как регулятор окружающей среды представляет собой единую систему, переход к устойчивому развитию всего мирового сообщества может быть осуществлен только в условиях эффективного международного сотрудничества.

Роль России в решении планетарных экологических проблем определяется обладанием большими по площади территориями, практически не затронутыми хозяйственной деятельностью и являющимися резервом устойчивости всей биосферы в целом. <...>

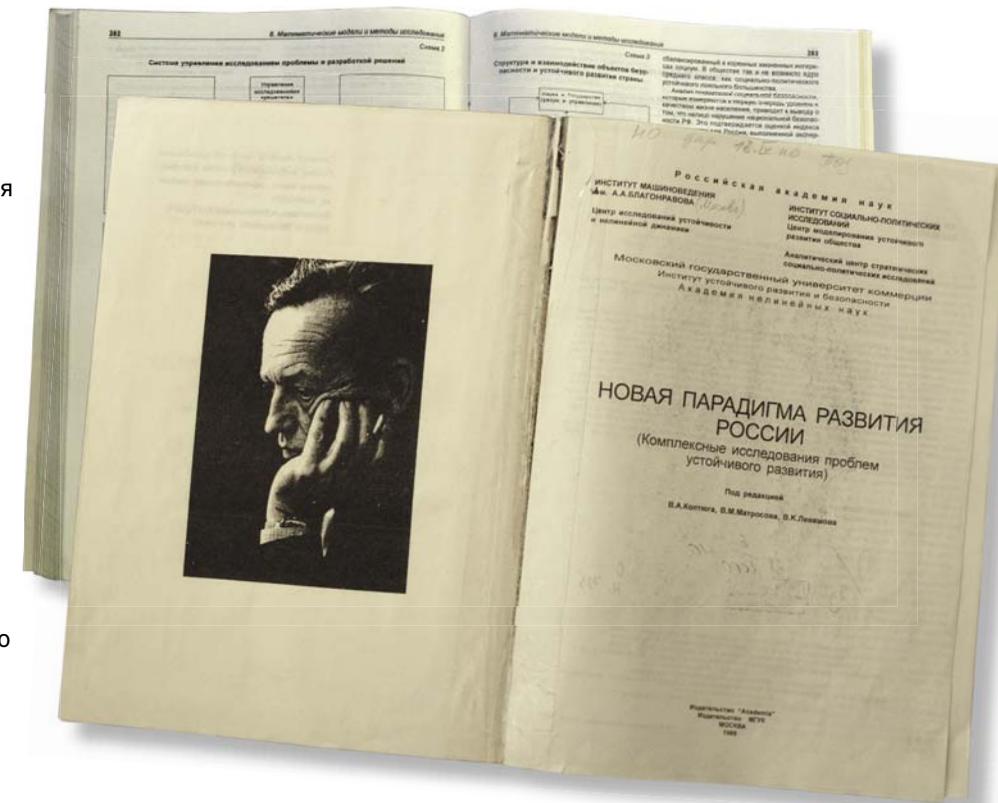
### VII. Этапы перехода России к устойчивому развитию

Начальный этап перехода России к устойчивому развитию предопределен необходимостью решения острых экономических и социальных проблем, но поскольку именно они формируют главные целевые ориентиры данного этапа, особенно важно строго соблюдать в этот период обоснованные экологические ограничения на хозяйственную деятельность. Одновременно следует разработать программы оздоровления окружающей среды в зонах экологического кризиса и начать их планомерное выполнение, наметить комплексные меры по нормализации обстановки на экологически неблагополучных территориях и подготовить организационную основу реализации этих мер.

На следующем этапе должны осуществляться основные структурные преобразования в экономике, технологическое обновление, существенная экологизация процесса социально-экономического развития. На этом этапе экологическое благополучие территории страны обеспечивается прежде всего за счет рационализации использования богатого природного потенциала России и снижения его относительных затрат на душу населения.

В дальнейшем постепенно должна решаться проблема гармонизации взаимодействия с природой всего мирового сообщества. Россия, на долю которой приходится значительная часть ненарушенных экосистем, будет играть в этом процессе одну из ключевых ролей. Движение человечества к устойчивому развитию в конечном счете приведет к формированию предсказанной В. И. Вернадским сферы разума (ноосферы), когда мерилем национального и индивидуального богатства станут духовные ценности и знания Человека, живущего в гармонии с окружающей средой.

В 1999 г. вышла в свет энциклопедическая монография «Новая парадигма развития России (Комплексные исследования проблем устойчивого развития)» под редакцией академиков В. А. Коптюга, В. М. Матросова, д. с. н. В. К. Левашова. Труд крупнейших российских ученых (из более чем 70 авторов – 17 академиков и 7 членов-корреспондентов РАН) подвел итоги российских реформ, тенденций развития международного сообщества и наметил пути устойчивого развития России на ближайшую и долгосрочную перспективы



### ПОСЛЕСЛОВИЕ

В условиях тотального неприятия идеи устойчивого развития и непонимания сути проблемы В. А. Коптюг пытался с помощью ведущих ученых РАН подготовить для президента РФ аналитическую записку о сути и необходимости выработки национальной стратегии устойчивого развития России.

В проекте документа, который так и не был закончен, говорилось: «Позитивные результаты начального этапа реформ: решительный отход от политического единомыслия и внедрение рыночных механизмов, к сожалению, были перечеркнуты монетаристской политикой, криминальной приватизацией, стихийным характером формирования рыночных отношений. В результате реформы зашли в тупик, мы потеряли возможность относительно мягкой адаптации к системе мировых хозяйственных связей, уровень жизни большинства населения стал недопустимо низок, и в настоящее время наше общество продолжает деградировать во всех сферах жизнедеятельности, как показывает объективная статистика. Научная экстраполяция определяющих социальных, политических и экономических тенденций в будущее указывает, что в случае продолжения нынешнего курса реформ процессы деградации и дестабилизации будут только нарастать и приведут страну к краху.

Между тем, в XXI в. Россия может и должна выполнить особую роль в мире. Занимая уникальное геополитическое положение, являясь естественным евразийским мостом, она по-прежнему остается страной с богатейшим природным, территориальным, ресурсным, интеллектуальным, духовным потенциалом, способной интегрировать Восток и Запад, Север и Юг в мирном гармоничном

развитии. В то же время в условиях нарастающего и в перспективе все более глубокого дефицита ресурсов на планете Россия становится средоточием интересов многих конкурирующих экономических и политических сил, бесконтрольное действие которых ведет к ее превращению в полуколониальный сырьевой придаток развитых стран.

Пять лет назад Россия имела едва ли не лучшие шансы в мировом сообществе на реализацию в следующем веке принципиально новой парадигмы постиндустриального устойчивого развития. Как результат всего происходящего, сегодня выходу России на восходящую траекторию развития мешает целый ряд препятствий, среди них: отсутствие национальной интегрирующей идеи и системы признанных обществом ценностей; раскалывающие общество социальные диспропорции; передел государственной и общественной собственности, воспринимаемый большинством общества как несправедливый <...> отсутствие ориентированной на национальные цели политики в области образования, науки, культуры; варварское отношение к природным ресурсам и среде обитания; неадекватная национальным интересам внешняя политика, опасно дестабилизирующая систему международных отношений.

В этих условиях необходима качественно новая национальная стратегия развития, способная не только вывести страну из кризиса, но и обеспечить ее переход к устойчивому развитию, повысить уровень безопасности на планете, в том числе покончить с локальными войнами, развязанными у наших границ»

## Ликвидировать разрыв между научными дисциплинами

Из доклада по поводу 20-й годовщины Международного института прикладного системного анализа (ИИАСА), 1992.  
На русском языке публикуется впервые

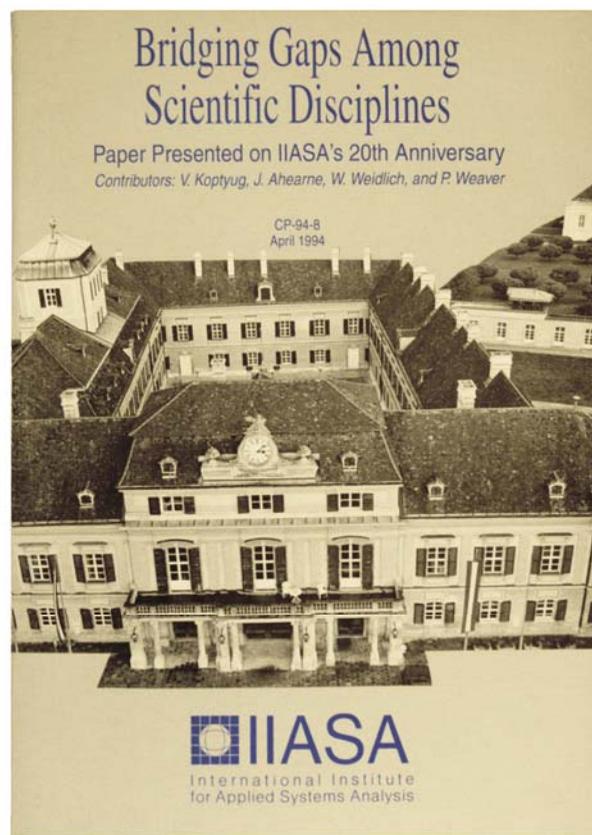
Становится очевидным, что глобальность проблем, встающих на пути к устойчивому развитию, требует преодоления тенденции к глубокой специализации науки, характерной для XX в. Вступая в XXI в., мы должны больше внимания обращать на междисциплинарные и мультидисциплинарные исследования, на интегрированное изучение Земли как системы в целом, на которую воздействует человек.

Цели и трудности интеграции научных дисциплин подробно обсуждались ранее. Поэтому в своем докладе я сосредоточусь на отдельных аспектах подходов, используемых в естественных науках, в науке об окружающей среде и общественно-экономических науках, чтобы выявить некоторые закономерности исследуемых процессов, и на организационных мерах, которые могут стимулировать ликвидацию разрыва между научными дисциплинами.

Поскольку правительство и местные органы управления все больше используют научные прогнозы в процессе подготовки важных политических и экономических решений, требования к надежности этих прогнозов существенно возрастают. В то же время мировое сообщество нуждается в скорых ответах на многие глобальные вопросы. Так что наука оказывается под давлением двух факторов – времени и надежности.

В этой связи в итоговое резюме Конференции по устойчивому развитию, науке и политике в Бергене (май 1990 г., Норвегия) было включено следующее утверждение: «...лучше обнаружить, что мы поступили почти правильно в надлежащее время, чем то, что мы поступили абсолютно правильно, но чересчур поздно».

Этот тезис может быть принят только в том случае, если мы понимаем слова «почти правильно» в том смысле, что основные движущие силы рассматриваемого процесса выявлены, предсказываемая тенденция их эволюции правильная, но остаются некоторые сомнения относительно темпа этой эволюции. Решающим требованием в этой ситуации является уверенность в том, что выявлены все важнейшие факторы, воздействующие на процесс. Если же существуют какие-то сомнения в этом отношении, то надо быть очень внимательным при разработке каких-либо прогнозов, поскольку последствия неправильного прогнозирования могут оказаться очень дорогостоящими. Особенно тщательно надо разраба-



тывать прогнозы относительно окружающей среды на базе текущих тенденций, наблюдаемых методами одной научной дисциплины, так как многие (не все, конечно) природные процессы имеют сложный периодический характер.

Ярким примером неправильного прогноза можно назвать прогноз предполагаемых изменений уровня воды в Каспийском море, который был дан гидрологами в середине 70-х годов XX в. на основе наблюдавшейся тенденции.

Каспийское море является бессточным озером. Регулярные наблюдения в период 1830–1970 гг. показали, что его средний уровень 26 м ниже уровня моря с флуктуациями  $\pm 1,5$ . Флуктуации объяснялись влиянием климата на баланс водного стока (прежде всего через Волгу) и испарением.

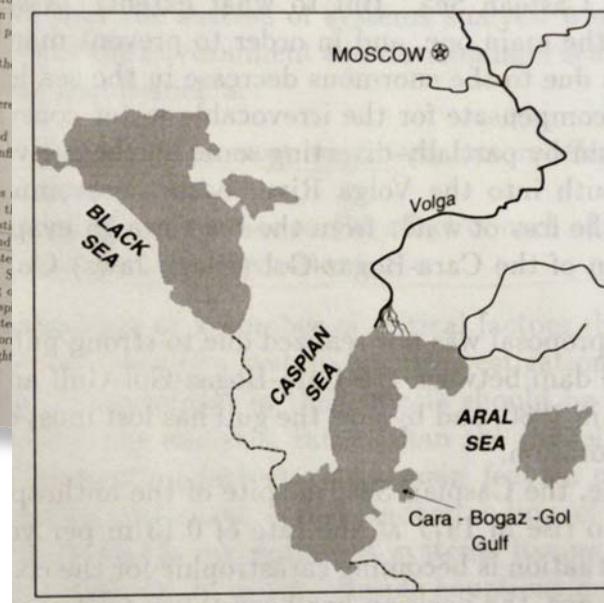
## Bridging Gaps Among Scientific Disciplines

Valentin Koptuyug

This meeting is devoted to the 20th anniversary of the establishment of the International Institute for Applied Systems Analysis as an institution for international interdisciplinary studies of complex problems. It seems desirable to remind you of another noteworthy event held 20 years ago – the United Nations Conference on the Human Environment (Stockholm, 1972). In this connection it seems remarkable that we celebrate IIASA's 20th anniversary on the eve of the United Nations Conference on Environment and Development that will take place in Rio de Janeiro this year in June. In my opinion, these coincidences are not accidental, and therefore the directions of IIASA's activity for years to come may be considered as predetermined by an historical process. It is evident that the role of systems analysis as applied to global environmental problems and to the realization of the sustainable development conception will significantly increase. Analyses and prognoses relating to processes in the environment, to technological achievements, economic processes and social life should serve as landmarks on the way to global sustainable development.

At present it is evident that the globality of problems lying on the way to sustainable development requires that the tendency for deep specialization of science typical of the 20th century is overcome. Entering into the 21st century, we should pay much more attention to inter- and multidisciplinary research than we have done

Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.



С 1933 по 1977 г. уровень Каспийского моря уменьшился на 3 м по сравнению со средним значением. Важно отметить, что снижение уровня Каспийского моря на 1 м означает потерю 400 куб. км воды. Такое большое снижение уровня моря объяснялось возросшим использованием воды в последние 40–50 лет в бассейне р. Волги в результате быстрого роста промышленности и ирригационного сельского хозяйства. Очевидно, что этот фактор должен был повлиять на уменьшение стока воды в Каспийское море. Но в какой степени? Считая данный фактор основным и стараясь предотвратить многие отрицательные последствия, возникающие в результате огромного снижения уровня моря, было предложено компенсировать безвозвратное потребление воды в бассейне р. Волги за счет частичного поворота стока некоторых северных рек России в бассейн р. Волга и одновременно за счет уменьшения потерь воды от испарения вод Каспийского моря с помощью отделения залива Кара-Богаз-Гол от Каспийского моря.

Первое предложение не было реализовано из-за сильного противодействия общественного мнения. А вот дамба между заливом Кара-Богаз-Гол и Каспийским морем в 1980 г. была построена. К настоящему времени залив потерял большую часть своей воды через испарение.

Тем временем Каспийское море, несмотря на антропогенное воздействие, начало подниматься в 1977 г. со скоростью 0,13 м в год, и сейчас ситуация становится катастрофической для береговой зоны. В результате было принято решение разрушить дамбу между морем и заливом. Но проблема далеко не решена.

Мы не можем сейчас предсказать, как будет развиваться ситуация. Однако очевидно, что:

— антропогенное воздействие в данном случае было переоценено по сравнению с природными вариациями;

— кроме стока рек и потерь от испарения некоторые другие факторы существенно влияют на уровень Каспийского моря.

Среди дополнительных факторов кажется разумным рассмотреть тектонические процессы, ведущие, например, к подъему морского дна. В то же время существует полуфантастическая гипотеза, что тектонические процессы открыли подземный канал между Аральским морем и Каспийским морем. Поскольку водная поверхность Аральского моря находится на 70 м выше Каспийского, подземный поток воды вызывает катастрофическое понижение уровня Аральского моря и одновременно очень большое повышение уровня Каспийского моря.

Между прочим, гидрологи, предсказавшие дальнейшее понижение уровня Каспийского моря и предложившие соответствующие меры противодействия этому, были уверены, что они поступают «почти правильно» в надлежащее время».

Я думаю, что успех системного анализа применительно к проблемам окружающей среды и развитию определяется следующими требованиями:

— выявлением всех самых важных факторов, воздействующих на изучаемый процесс;

— выяснением закономерностей воздействия каждого из этих факторов, так и их совместного воздействия.

Редакция выражает благодарность за помощь в подготовке материала начальника отдела инновационных программ ИГМ СО РАН к. г.-м. н. В. Д. Ермикова, советника Президиума СО РАН к. т. н. Н. А. Притвиц и О. В. Подойницыну (пресс-служба Президиума СО РАН)



А.К. ПЕТРОВ

Участники III Сибирского совещания по спектроскопии (Красноярск, 1964 г.) на экскурсии в заповедник «Столбы». На фото сверху – на камнях сидят В. А. Коптюг и А. К. Петров. Валентин Афанасьевич шуточно придерживает своего товарища за ворот плаща. Рядом стоит В. П. Мамаев



ПЕТРОВ Александр Константинович – доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник Института химической кинетики и горения СО РАН (Новосибирск)

*Одной из преград на пути к устойчивому развитию цивилизации В. А. Коптюг считал глубокую специализацию современной науки. По его мнению, многие проблемы, стоящие перед человечеством, имеют настолько сложный характер, что их просто невозможно решить без проведения комплексных, междисциплинарных исследований. Использование физических методов в химии, таких как ЯМР- и масс-спектрометрия, в большей степени является заслугой Валентина Афанасьевича. Удивительная разносторонность его как ученого, широкий кругозор, способность инициировать новое позволяли ему разбираться в самых сложных вопросах современности, среди которых особое место занимали проблемы экологии*

Сложилось так, что с 1962 г. в течение девяти лет территориально я работал в лаборатории В. А. Коптюга, и мы общались практически ежедневно. Это было время триумфального наступления физических методов на химическую «целину». В 1964 г. Н. Н. Ворожцов поручил нам с Валентином Афанасьевичем провести «ликбез» с химиками института по использованию метода ЯМР-спектроскопии. Мы прочли «краткий курс» по теории и практике ЯМР. Своего ЯМР-спектрометра в НИОХ не было, тогда Н. Н. Ворожцов по настоянию В. А. Коптюга договорился с В. В. Воеводским (ИХКиГ), и тот предоставил нам в пользование первый за Уралом ЯМР-спектрометр на 40 МГц. Каждую среду я, собрав

# Планета у нас одна

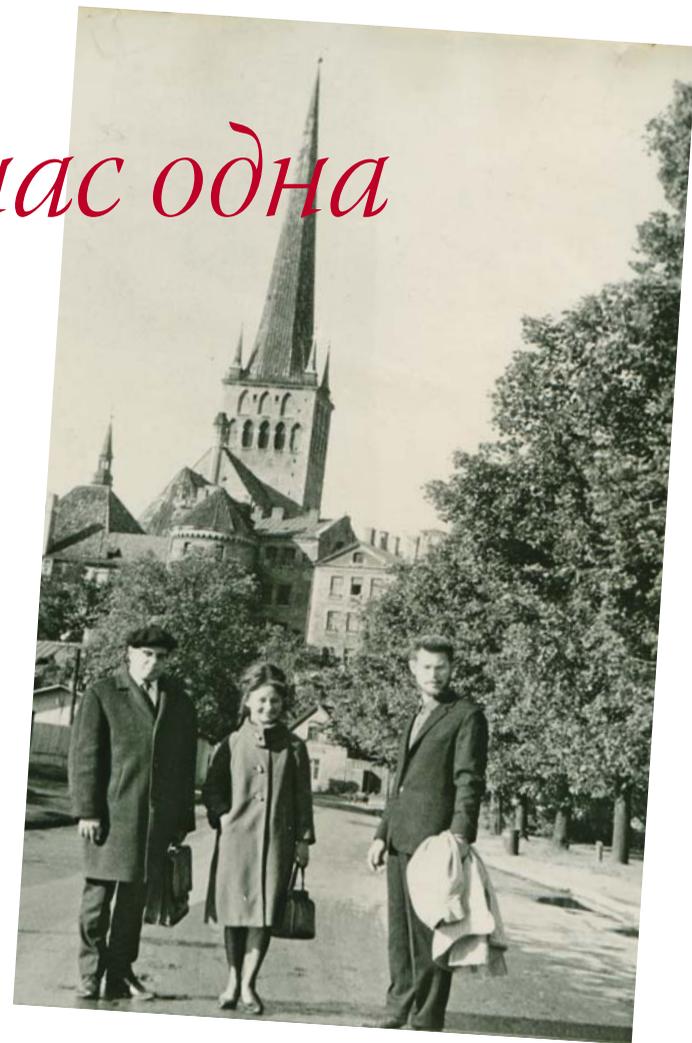
кучу образцов, проводил на нем измерения, а затем до субботы, вместе с авторами синтезированных соединений расшифровывал спектры. Работа шла бойко и весело, но Валентину Афанасьевичу этого было мало, и он увлекся масс-спектрометрией...

Помню, в 1965 г. мы с ним ездили в красноярский Институт физики договариваться поработать на появившемся там ЯМР-спектрометре на 100 МГц. При встречах с красноярцами он представлялся как заведующий лабораторией. А вечером в гостинице грустно сказал мне: «Надоело мне заведовать лабораторией, Саша. У меня есть мечта – быть просто старшим научным сотрудником и заниматься только наукой». Убежден – он был искренен тогда. За 35 лет нашего знакомства я ни разу не видел на его лице удовольствия от власти. Классический начальник делает все так, чтобы было удобно ему самому. Коптюг поступал точно наоборот. С обывательской точки зрения, он все делал во вред себе.

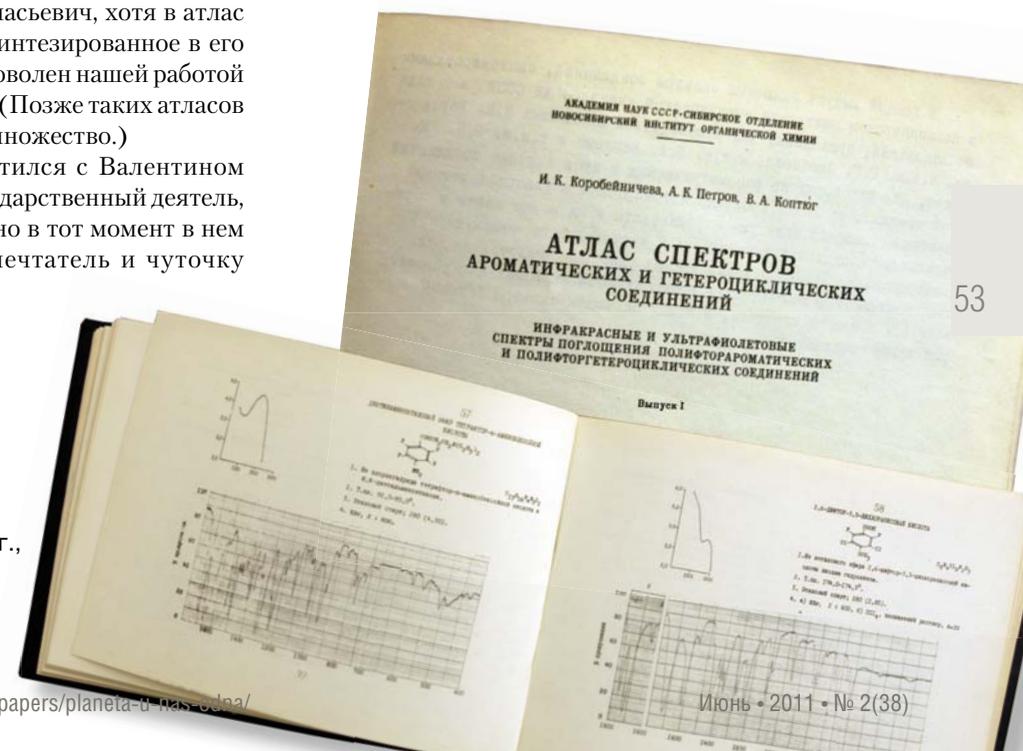
В 1967 г. вышел наш с И. К. Коробейничей и В. А. Коптюгом атлас спектров совершенно новых, чисто антропогенных, полифторароматических соединений. Новый класс соединений – значит, необычная спектроскопия. Все было отмечено и описано. Душой этой работы был Валентин Афанасьевич, хотя в атлас не вошло ни одно соединение, синтезированное в его лаборатории. Он остался очень доволен нашей работой и называл ее «первым почином». (Позже таких атласов под его редакцией было издано множество.)

Когда я последний раз встретился с Валентином Афанасьевичем, это был уже государственный деятель, мыслитель мирового масштаба, но в тот момент в нем проснулся прежний Коптюг-мечтатель и чуточку авантюрист.

«Атлас спектров ароматических соединений», вышедший в 1967 г., стал первым в серии атласов соединений, синтезированных в НИОХ СО АН СССР



На Международной конференции по применению ядерно-магнитного резонанса в химии (Таллин, сентябрь 1967 г.). Г. Г. Якобсон, Л. Н. Пушкина, А. К. Петров в старой части Таллина



В чинах диссертационной работы А.К. Петрова кандидат наук...  
 В книге...  
 1. ...  
 2. ...  
 3. ...

28.09.67 г. Таллин  
 ОТЗЫВ  
 На диссертационную работу А.К. ПЕТРОВА  
 ...



После трехчасового ожидания диссертанта А.К. Петрова оппонент В.А. Коптюг исправил заключительную фразу «несомненно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата химических наук», вставив «НЕ» перед словом «заслуживает» и написав на полях «Исправленному верить. Коптюг»

**ПОШУТИЛ...**

Осенью 1667 г. мы, в составе 10 человек из Академгородка, отбыли в Таллин на международную конференцию. У меня к тому времени была написана диссертация и назначена защита в ИХКиГ, а вот отзывов оппоненты еще не дали. Но я не унывал, так как оба оппонента были «при мне»: молодой доктор В.А. Коптюг и кандидат Ю.Н. Молин. С Молиным мы собирались вместе возвращаться в Новосибирск, а Валентин Афанасьевич из Таллина летел на отдых в Сочи. Конференция была очень интересной, время летело незаметно. Мы ежедневно обедали в разных ресторанах и для облегчения расчетов выбрали кассира (С.М. Шейн), которому сразу сдали деньги. В первом же ресторане, как только мы сели за стол, меню подали Г.Г. Якобсону – по внешнему виду и качеству костюма самому респектабельному из нас, а вот счет в конце трапезы официант безошибочно предъявил С.М. Шейну. Это обстоятельство было отмечено, но ведь один раз –

не закономерность. Однако все в точности повторилось в десяти ресторанах. Веселились мы по этому поводу на всю катушку, а Коптюг просто рыдал от смеха. Наступил последний вечер в Таллине. Мои московские друзья, узнав, что я играю на гитаре, нашли инструмент и утащили меня на свой этаж на пирушку. Вернулся в час ночи, а мой сосед по комнате С.М. Шейн сурово так говорит: «Ты, Петров, самоубийца! Тебя оппонент ждал здесь три часа, чтобы обсудить с тобой отзыв. Рассердился, плюнул и ушел, сказав, что не быть тебе кандидатом. А рано утром у него самолет!» У меня похолодела спина. Я взял лежащую на столе диссертацию. В ней лежал отзыв, написанный знакомым аккуратным почерком (он хранится у меня до сих пор). Все хорошо, но в последней фразе «...а диссертант достоин присуждения искомой степени» другими чернилами было вставлено «не». На сердце отлегло. Это была нормальная шутка Коптюга тех времен

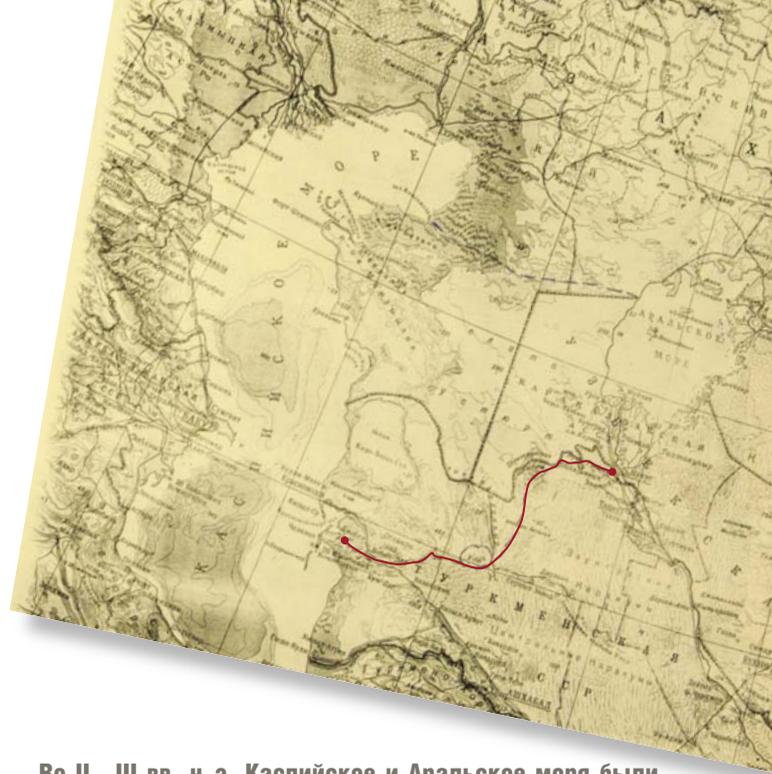
Программа INCO-COPERNICUS Европейского союза была направлена на развитие научно-технического сотрудничества со странами Центральной Европы и государствами бывшего СССР. В рамках этой программы в 1994—1998 гг. проводился конкурс на исследование Черного, Каспийского и Аральского морей. Тематика конкурса включала изучение причин обмеления Арала и повышения уровня воды в Каспийском море

Шел 1996-й год. Валентин Афанасьевич говорил всем: «Зарабатывайте, как только можете, надо выжить!» И вот фонд «Copernicus» объявляет грант (около 800 млн долл.) на решение проблемы Аральского и Каспийского морей.

К тому времени на мелеющее Аральское море уже как-то махнули рукой, а вот что касается повышения уровня Каспия, то шум стоял страшный. Однако причина этого явления была неясна. Многолетние замеры стока рек, впадающих в Каспий, ничего не объясняли. Беру карту Средней Азии. Зеркало Арала имеет отметку плюс 53 м, зеркало Каспия – минус 28 м относительно уровня Мирового океана, и их соединяет зеленая полоска с солеными озерами – пересохшее русло р. Узбой. Была река, была! А что если есть подземное русло? Оно было долго перегорожено и вдруг прорвало..

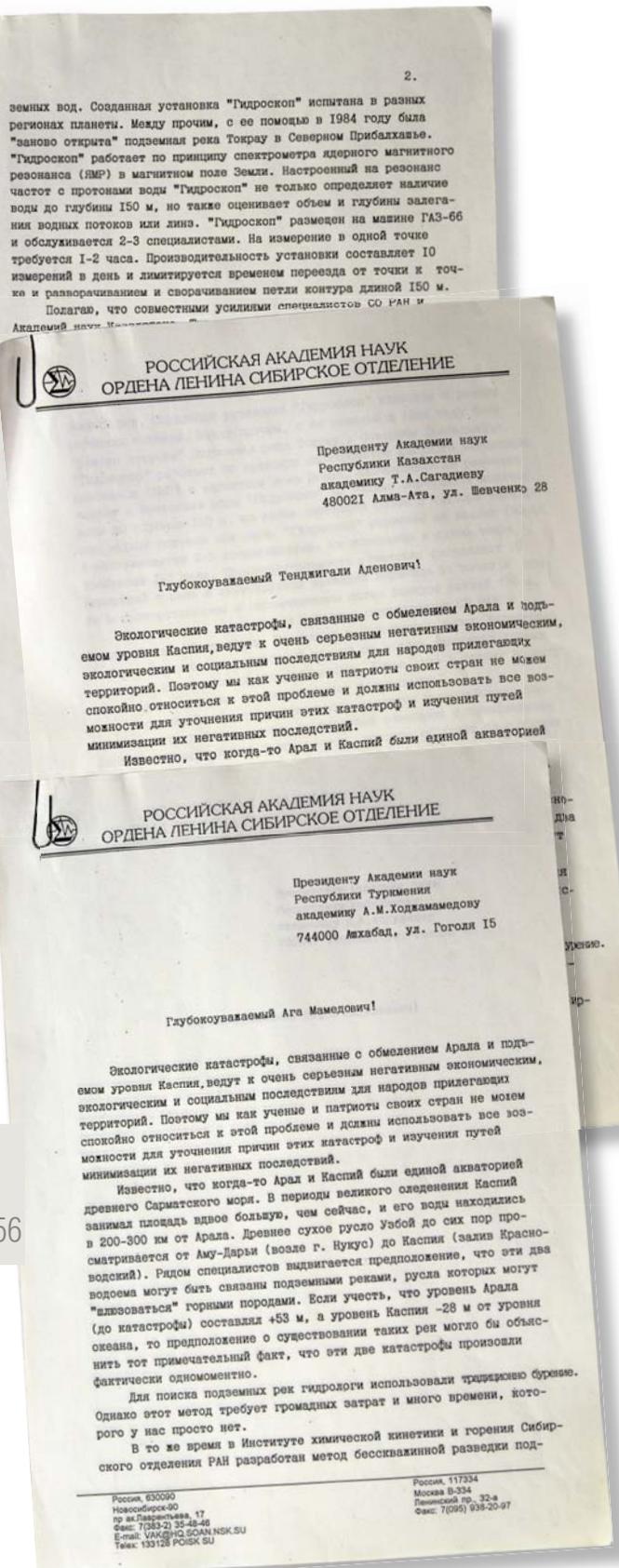
Шальная идея, но можно проверить. Во-первых, на бумаге. Поскольку «усыхание» Арала и подъем Каспия по геологическим масштабам – явление одномоментное, мысленно выливаем одну треть объема Арала в Каспий. Уровень последнего повышается на 2,8 м, а в действительности подъем равен 2,3 м. Это уже довод. Но ведь предложенную гипотезу можно проверить за одну экспедицию на русло Узбоя с нашим «Гидроскопом», работающим по принципу спектрометра ядерного магнитного резонанса и способным обнаружить подземную реку до глубины 150 м с определением сечения потока. И главное, эту задачу можно решить исключительно силами СО РАН, где есть не только нужное оборудование, но и нужные специалисты – геологи, гидрологи, экологи. Возглавить такой проект должен председатель СО РАН, член всевозможных экологических комиссий В.А. Коптюг.

По поручению В.А. Коптюга в октябре 1996 г. А.К. Петров подготовил проект письма президентам академий наук тех государств, на территории которых предлагалось провести исследования, связанные с обмелением Арала и подъемом уровня Каспийского моря. В конце текста стояли примечательные слова: «Планета у нас одна, и природа ее очень ранима». Справа – фрагмент проекта письма и примечание к нему, написанное автором для Валентина Афанасьевича



Во II—III вв. н. э. Каспийское и Аральское моря были объединены в одну водную систему. Впоследствии эта связь сохранялась в виде р. Узбой, сухое русло которой прослеживается до сих пор

2  
 в одной точке требуется 1-2 часа. Производительность у составляет 10 измерений в день и лимитируется временем с точки на точку и разворачиванием и сворачиванием петл длиной 150 м.  
 Полагаю, что совместными усилиями специалистов СО Р Казахстана, АН Узбекистана и АН Туркмении (к президентам академий я также намерен обратиться) можно достаточно ясно сформулировать задачу, создать совместный проект и реализовать. Со своей стороны я попытаюсь убедить международные организации дополнительно профинансировать этот проект, поскольку план нас одна и природа ее очень ранима.  
 С уважением  
 В.А. !  
 Написать президенту РАН на тему «Современная планета - это планета»  
 Р.З. Сформулировать лекцию о тех событиях, которые могли бы быть подземные водные взрывы: 1969-70 - на Волге, Маньчжунские 1980-84 - на Волжско-Каспийском сверхконтинентальном разломе.  
 АП 23.10.95



Посоветовавшись с членами нашей дирекции, пишу Валентину Афанасьевичу записку и прикладываю к ней карты и оттиски статей на эту тему. Реакция была моментальной: В. А. Коптюг отыскал меня в гостях и буквально «вынул» из-за стола. Несмотря на субботний вечер, он работал в Президиуме. Когда я зашел, он встал, обнял меня за плечи и очень грустно сказал: «Саша, я тоже об этом думал, но я забыл про ваш „Гидроскоп“». Ситуация осложняется тем, что вся эта беда теперь находится на территориях суверенных государств, и без их согласия и участия мы ничего предпринять не можем. Напишите письма президентам академий, а я подпишу».

Письма были быстро написаны и разосланы. В них говорилось: «Известно, что когда-то Арал и Каспий были единой акваторией древнего Сарматского моря. В периоды великого оледенения Каспий занимал площадь, вдвое большую, чем сейчас, и его воды находились в 200–300 км от Арала. Древнее сухое русло р. Узбой до сих пор просматривается от Аму-Дарьи (возле г. Нукус) до Каспия (залив Красноводский). Рядом специалистов выдвигается предположение, что эти два водоема могут быть связаны подземными реками, русла которых могут „шлюзоваться“ горными породами. <...>

Для поиска подземных рек гидрологи использовали традиционно бурение. Однако этот метод требует громадных затрат и много времени, которого у нас просто нет.

В то же время в Институте химической кинетики и горения СО РАН разработан метод бесскважинной разведки подземных вод. Созданная установка „Гидроскоп“ испытана в разных регионах планеты. Между прочим, с ее помощью в 1984 г. была „заново открыта“ подземная река Токрау в Северном Прибалхашье. „Гидроскоп“ работает по принципу спектрометра ядерного магнитного резонанса (ЯМР) в магнитном поле Земли. Настроенный на резонанс частот с протонами воды, „Гидроскоп“ не только определяет наличие воды до глубины 150 м, но также оценивает объем и глубины залегания водных потоков или линз. „Гидроскоп“ размещен на машине ГАЗ-66 и обслуживается 2–3 специалистами. На измерение в одной точке требуется 1–2 часа. Производительность установки составляет 10 измерений в день и лимитируется временем переезда от точки к точке и разворачиванием и сворачиванием петли контура длиной 150 м».

От имени Председателя СО РАН В. А. Коптюга 30 октября 1996 г. были отправлены письма президентам академий наук Туркмении, Узбекистана и Казахстана с предложением о проведении разведочных работ по обнаружению подземного водного канала, соединяющего Арал и Каспий

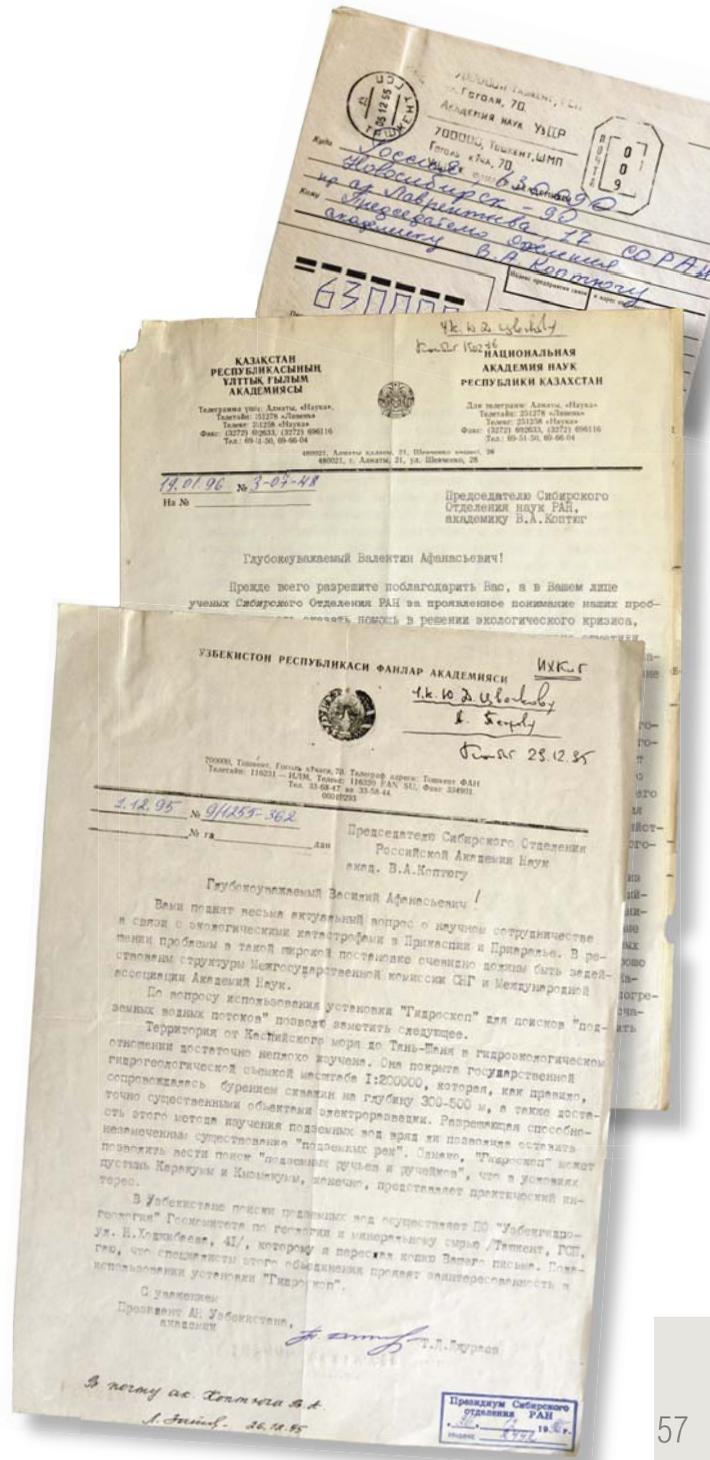
На письма, отправленные Сибирским отделением РАН, только из Алматы и Ташкента пришли довольно равнодушные ответы, от туркменских коллег ответ так и не пришел.

В письме президента Академии наук Казахстана говорилось, что «Ученые гидрогеологи нашей Академии весьма сдержанно восприняли эту идею и считают невозможным такой процесс. Гидрогеологические расчеты, связанные с водохозяйственной деятельностью в бассейне Арала, свидетельствуют о нарушении веками существовавшего водного баланса Аральского моря в сторону снижения стока всех рек, дающих воду Аралу. Большинство ученых видят в числе основной причины снижения уровня Арала безвозвратное изъятие стока рек на орошение и другие хозяйственные нужды. Данная концепция является официально признанной и лежит в основе плана мероприятий, направленных на снижение темпа усыхания моря и экологического оздоровления Приаралья... Нам кажется, было бы более целесообразным, используя метод сибирских ученых совместно заняться поисками доброкачественных подземных вод не только в районах Приаралья, но и в других частях нашей республики, испытывающих дефицит в водных ресурсах».

Такая же просьба содержалась в письме президента Академии наук Узбекистана. Он написал, что «территория от Каспийского моря до Тянь-Шаня в гидроэкологическом отношении достаточно неплохо изучена. Она покрыта государственной гидрологической съемкой масштаба 1 : 200 000, которая, как правило, сопровождалась бурением скважин на глубину 300–500, а также достаточно существенными объектами электро-разведки. Разрешающая способность этого метода изучения подземных вод вряд ли позволила оставить незамеченным существование „подземных рек“. Однако „Гидроскоп“ может позволить вести поиск „подземных ручьев и ручейков“, что в условиях пустынь Каракумы и Кызылкумы, конечно, представляет практический интерес. В Узбекистане поиски подземных вод осуществляет ПО „Узбекгидрогеология“ Госкомитета по геологии и минеральному сырью, которому я переслал копию Вашего письма. Полагаю, что специалисты этого объединения проявят заинтересованность в использовании установки „Гидроскоп“».

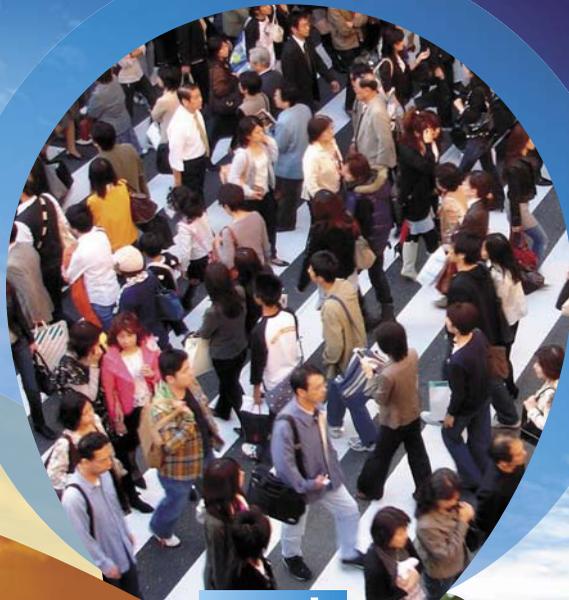
Все эти письма Коптюг переслал мне. Но это был уже конец 1996 года, а 10 января следующего года Валентина Афанасьевича не стало... Предположение о существовании русла подземной «реки» между Каспием и Аралом так и осталось в ранге гипотезы.

Фото из личного архива автора



В ответных письмах на обращение В. А. Коптюга президенты академий наук Казахстана и Узбекистана отказались от проверки гипотезы сибирских исследователей и предпочли использовать «Гидроскоп» исключительно в практических целях – для поиска подземных вод на хозяйственные нужды. О равнодушии академического аппарата свидетельствует и тот факт, что в письме президента Академии наук Узбекистана Валентин Афанасьевич был именован «Василием Афанасьевичем»

# УГЛЕРОД С ПЛЮСОМ



*Ключевые слова:* карбокатион, перегруппировка, изомеризация, ЯМР.  
*Key words:* carbocation, rearrangement, isomerization, NMR

*Создание современных, экономически эффективных и экологически безопасных методов переработки природного сырья невозможно без разработки структурно-кинетической теории химических реакций. Воистину глубоко прав был выдающийся австрийский физик Л. Больцман: «Нет ничего практичнее теории». Эта теория важна и для изучения сложнейших биохимических процессов, лежащих в основе функционирования живых систем. Выдающийся вклад в развитие структурно-кинетической теории органических реакций внесла школа академика В. А. Коптюга. Им разработан подход к количественному описанию реакций изомеризации, в основу которого были положены структурно-кинетические закономерности перегруппировок карбокатионов*

*Carbocations can be found everywhere, from interstellar space to your glass of wine*  
P. Vogel

Все хорошо знакомы с неорганическими катионами – частицами, несущими положительный заряд: каждый из нас ежедневно с пищей потребляет катионы натрия в составе поваренной соли – хлористого натрия. Но далеко не каждый знает, что существуют и органические катионы – *карбокатионы*, которые в общем случае могут быть представлены структурой с положительным зарядом на атоме углерода (отсюда и название «карбокатион»), связанном с тремя другими молекулярными фрагментами.

Карбокатионы не являются экзотикой. Например, действующим началом знаменитой «зеленки», следы которой иногда «украшают» наших малышей, является карбокатион. Другой пример – благородные красные вина, цвет которых обусловлен наличием в них карбокатионов. И «зеленка», и красное вино – существенные элементы нашей жизни, однако гораздо важнее роль

*«Химия карбокатионов – один из важных и увлекательных разделов органической химии. Важных – поскольку карбокатионы являются промежуточными частицами большого числа ключевых „синтетических“ и „промышленных“ реакций. Увлекательных – поскольку еще два-три десятилетия назад в химии карбокатионов было слишком много непонятных, интригующих исследований, отсутствие ответа на которые сказывалось не только на уровне теоретического описания, но и на возможностях прикладного использования соответствующих процессов»*

В. А. Коптюг. Из выступления в Институте органической химии АН СССР на общественном обсуждении работы, выдвинутой на соискание Ленинской премии



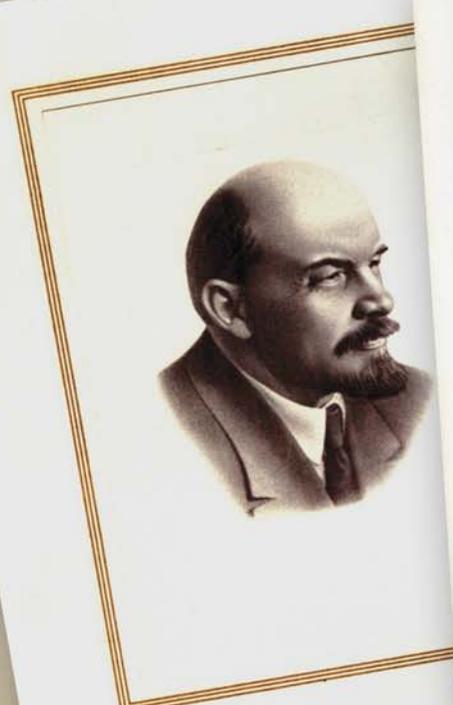
ШУБИН Вячеслав Геннадьевич – доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией изучения механизмов органических реакций Новосибирского института органической химии им. Н. Н. Ворожцова СО РАН (НИОХ). Лауреат Ленинской премии (1990). Автор и соавтор более 300 научных работ



ШТЕЙНГАРЦ Виталий Давидович – доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией изучения нуклеофильных и ион-радикальных реакций Новосибирского института органической химии им. Н. Н. Ворожцова СО РАН (НИОХ). Лауреат Ленинской премии (1990). Автор и соавтор более 300 научных работ



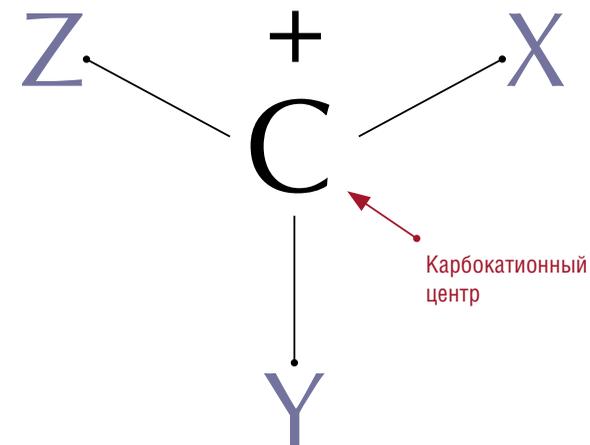
Большой цикл работ В. А. Коптюга с сотрудниками в области карбокатионной химии в 1990 г. был удостоен высшей научной награды страны – Ленинской премии.  
На фото – В. Д. Штейнгарц, В. А. Бархаш, В. А. Коптюг, В. Г. Шубин



ПОСТАНОВЛЕНИЕМ  
ЦЕНТРАЛЬНОГО  
КОМИТЕТА КПСС И  
СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР  
ПРИСУЖДЕНА  
ЛЕНИНСКАЯ ПРЕМИЯ 1990 ГОДА

КОПТЮГУ Валентину Афанасьевичу, академику, директору Новосибирского института органической химии Сибирского отделения Академии наук СССР, БАРХАШУ Владимиру Александровичу, доктору химических наук, ведущему научному сотруднику, ШТЕЙНГАРЦУ Виталию Давидовичу, доктору химических наук, заведующим лабораториями, сотрудникам того же института, — за фундаментальные исследования строения и реакционной способности карбокатионов.

*В. Д. Штейнгарц*



Карбокатион состоит из положительно заряженного атома углерода и трех одно- или многоатомных фрагментов. Положительно заряженный атом углерода находится в  $sp^2$ -гибридном состоянии. Он имеет вакантную p-орбиталь, а три его  $\sigma$ -связи располагаются в одной плоскости

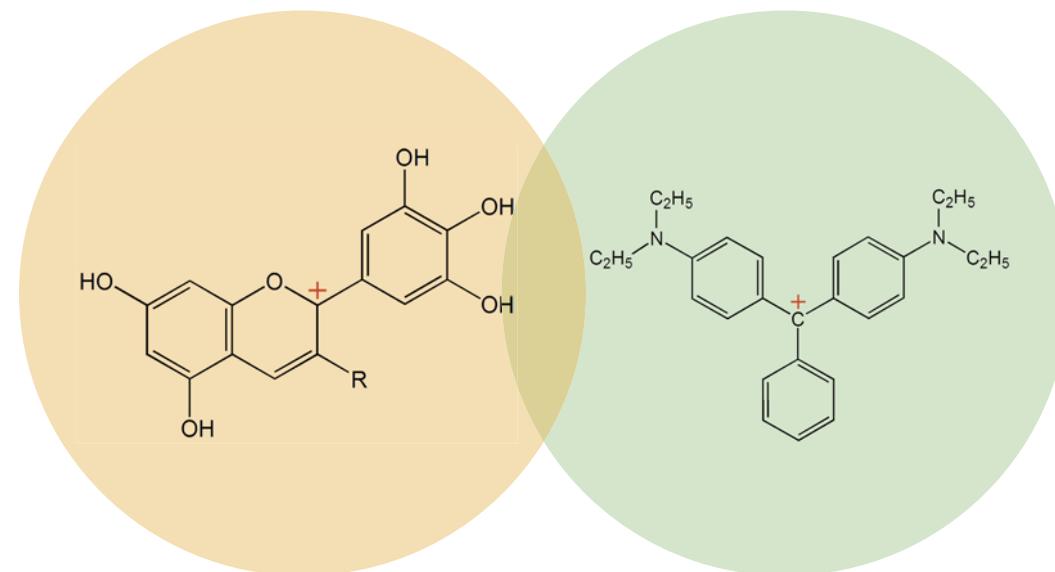
### «Нехимические» превращения...

карбокатионов в других областях – от тонких биохимических процессов до многотоннажных промышленных процессов переработки нефти.

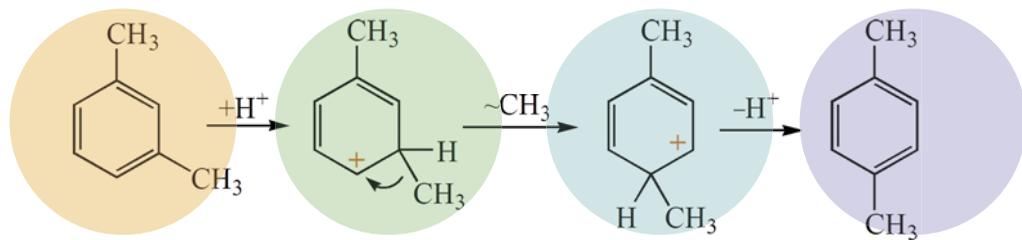
В последнем случае именно способность карбокатионов изменять свою структуру путем перестройки системы связей (претерпевать *перегруппировки*) обеспечивает превращение углеводородов с прямой углеродной цепью, не пригодных к применению в качестве моторного топлива из-за низкого октанового числа, в углеводороды с разветвленной структурой, имеющие высокое октановое число. Не случайно профессор Южно-Калифорнийского университета в г. Лос-Анджелесе Дж. Э. Ола, внесший выдающийся вклад в становление и развитие химии карбокатионов, в 1994 г. был удостоен высшей научной награды – Нобелевской премии.

Склонность карбокатионов к перегруппировкам – одно из наиболее характерных свойств этих электронодефицитных частиц, их «визитная карточка». Сосуществование в одной и той же молекуле карбокатионного центра (атома углерода с незаполненной электронной оболочкой) и находящихся по соседству с ним фрагментов, насыщенных электронами, приводит к неустойчивости структуры, что и проявляется в карбокатионной перегруппировке, в результате которой один из фрагментов перемещается к атому углерода – карбокатионному центру.

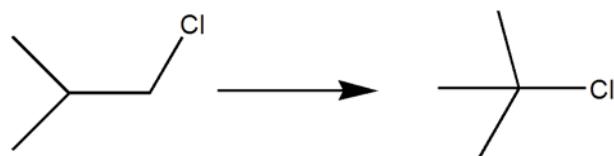
«Домашние» карбокатионы, о которых шла речь выше, чрезвычайно устойчивы: и «зеленка», и красное вино не теряют свой цвет при очень длительном хранении. Однако это приятное исключение. Обычно карбокатионы, возникая в ходе реакции, «живут»



Карбокатионы нередко встречаются в повседневной жизни: краситель, отвечающий за цвет красного вина (слева); действующее начало «зеленки» (справа)



Типичным примером карбокатионной перегруппировки является катализируемая кислотами изомеризация мета-ксилола в пара-ксилол – ценное сырье для производства полиэфирных волокон. В ходе этого превращения происходит перегруппировка первично возникающего карбокатиона



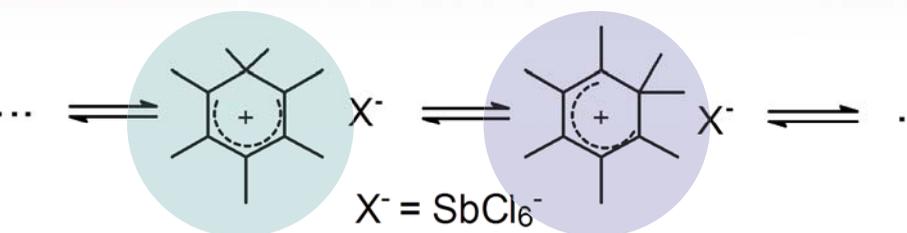
В результате карбокатионной перегруппировки происходит нежелательная для синтеза ибупрофена реакция (изобутилхлорид превращается в изомерный трет-бутилхлорид)

Склонность карбокатионов к перегруппировкам может сыграть злую шутку с теми, кто недостаточно знаком с их химическим поведением. Вспоминается случай, когда была поставлена задача разработать технологию производства изобутилбензола – исходного соединения в синтезе ибупрофена (эффективного анальгетика, не обладающего наркотическим действием). Казалось бы, чего проще: взять бензол и проалкилировать его по Фриделю-Крафтсу. Эта классическая реакция хорошо известна каждому химику-органику. Сотрудники одного из солидных московских НИИ так и сделали: ввели бензол в реакцию с изобутилхлоридом, катализируемую хлористым алюминием. Но когда полученное соединение использовали в дальнейших превращениях, в итоге получили не целевой продукт – ибупрофен, а очень похожее на него, но неактивное соединение, в котором вместо изобутильной группы была изомерная ей трет-бутильная. Как говорится: «Федот, да не тот!» В чем же была причина неудачи? Разработчики не учли склонность карбокатионов к перегруппировкам: изобутилхлорид под действием хлористого алюминия претерпевал карбокатионную перегруппировку в изомерный трет-бутилхлорид. Вступая в реакцию Фриделя-Крафтса, последний приводил к образованию не ожидаемого изобутилбензола, а изомерного трет-бутилбензола

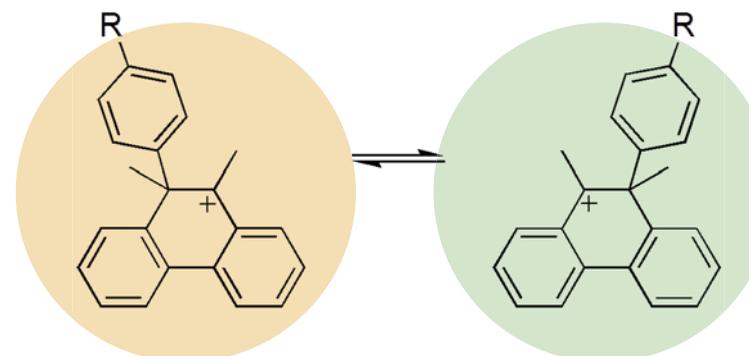
в реакционной среде ничтожные доли секунды. Каким же образом можно изучать их? На помощь приходит метод моделирования, широко использующийся в науке. Суть его состоит в том, что вместо неустойчивого реального объекта изучается его модель – достаточно стабильный аналог, отражающий существенные свойства объекта. Для определения зависимости скоростей перегруппировок карбокатионов от их строения весьма плодотворной моделью являются такие карбокатионы, время жизни которых достаточно для их изучения современными физическими методами.

Исследования школы В. А. Коптюга были основаны на подходе, заключающемся в экспериментальном определении скоростей так называемых *вырожденных перегруппировок* долгоживущих карбокатионов различных типов («туда-сюда», «карусельный» и «маятниковый»). Вырожденные перегруппировки примечательны тем, что молекула превращается в точно такую же молекулу, то есть вещество превращается не в какое-то другое, а само в себя! Эти «нехимические» процессы имеют исключительное значение, так как именно их закономерности лежат в основе современной структурно-кинетической теории. Не случайно ее автор, американский физикохимик Р. А. Маркус был удостоен Нобелевской премии.

Полученная уникальная информация о строении и реакционной способности карбокатионов не только послужила основой для предсказания скоростей органических реакций, протекающих с промежуточным образованием подобных частиц, но и открыла новые возможности для разработки эффективных подходов к управлению катионоидными органическими реакциями.



Вырожденные перегруппировки далеко не всегда следуют нашим представлениям об их поведении. Зададимся вопросом: как изменится скорость перегруппировки, если карбокатион будет находиться не в растворе, а в кристалле? Казалось бы, в кристалле молекулярные движения затруднены, и скорость перегруппировки должна быть значительно ниже, чем в растворе. Можно даже предположить, что ее вообще не будет. Однако установлено, что шестикратно вырожденная перегруппировка гексахлорантимоната гептаметилбензолония в кристалле реализуется, причем с большей скоростью, чем в растворе!



В НИОХ СО РАН под руководством В. А. Коптюга удалось сделать то, что не удавалось многим зарубежным исследователям из-за чрезвычайно высоких скоростей миграции арильных групп и из-за их склонности к образованию более устойчивых, циклических структур (так называемых фенониевых ионов). Использование для мигрирующих групп фенантренового остова обеспечило перевод реагирующей системы в область скоростей, доступных для измерения методом динамического ЯМР. Скорость перегруппировки весьма чувствительна к природе фрагментов R, присутствующих в мигрирующем фенильном кольце. При переходе от электроноакцепторной группы (R = CF<sub>3</sub>) к электронодонорной группе (R = OCH<sub>3</sub>) она возрастает в миллион раз!



В. А. Коптюг приложил большие усилия к тому, чтобы в НИОХ появился спектрометр ЯМР. В результате одна из московских организаций изготовила спектрометр с рабочей частотой 40 МГц. Однако этот прибор работал очень нестабильно, и в 1967 г. В. А. Коптюгу и Н. Н. Ворожцову удалось приобрести с местной выставки два замечательных спектрометра американской фирмы Varian с рабочей частотой 60 и 100 МГц (справа)



В. А. Коптюг с сотрудниками отдела физической органической химии НИОХ

### ...и «химическое» фото

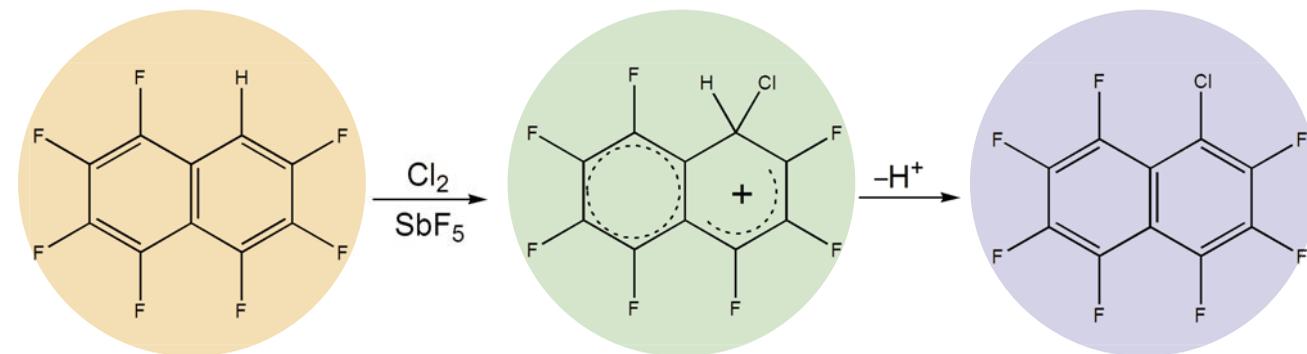
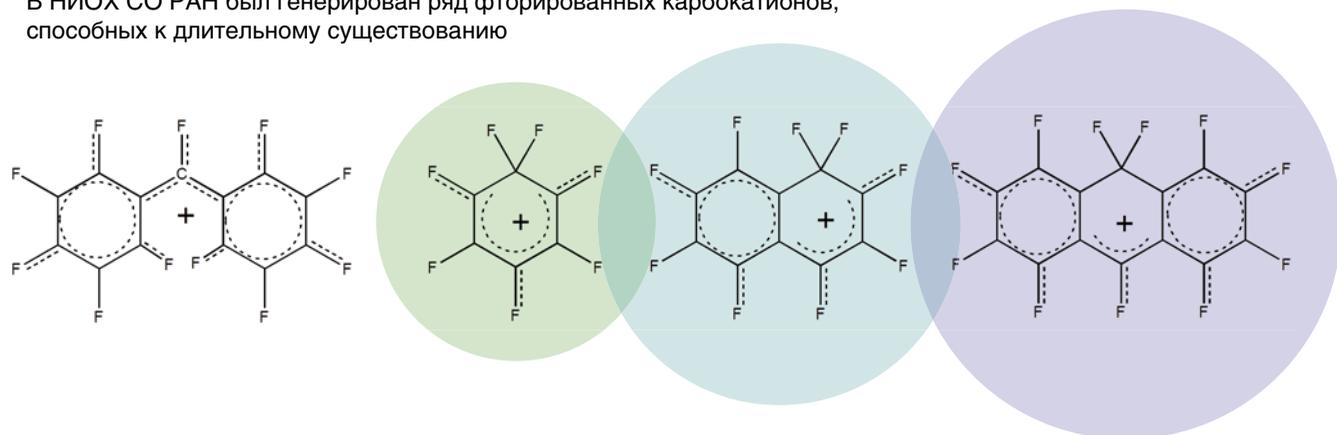
Основным методом изучения вырожденных карбокатионных перегруппировок являлся метод динамического ядерного магнитного резонанса, в котором в качестве своеобразной метки выступали ядра атомов водорода или углерода, имеющие различное окружение в молекуле и потому по-разному откликающиеся на внешнее воздействие магнитного поля.

Возможно, суть этого метода станет яснее читателю из следующего примера. Однажды в популярной телепередаче «Что? Где? Когда?» знатокам был задан такой вопрос. На фотографии, сделанной в начале XX в., изображена одна из площадей московского Кремля, на ней

хорошо видны здания, деревья, мостовая, но не видно ни души. Почему? Знатоки не смогли дать правильный ответ, они предположили, что, в отличие от наших дней, территория Кремля была закрыта для жителей города и приезжих. Однако, напротив, хорошо известно, что в те годы кремлевские площади были наиболее оживленными местами Москвы!

В чем же дело? Ответ очень прост: в те времена чувствительность фотоматериалов была столь низкой, что приходилось делать снимки с большой выдержкой, в результате чего все движущиеся объекты (люди, повозки и т. д.) сливались в «серую массу», не отличимую от мостовой!

В НИОХ СО РАН был генерирован ряд фторированных карбокатионов, способных к длительному существованию



При изучении взаимодействия 1-Н-гептафторнафталина с хлором в присутствии пентафторида сурьмы произошло крайне редкое событие – удалось наблюдать долгоживущий карбокатион, являющийся истинным интермедиатом реакции электрофильного замещения водорода

Спектрометр ядерного магнитного резонанса действует подобно такому фотоаппарату, в результате чего резонансные сигналы меняющихся местами атомов сливаются в один «усредненный» сигнал. Анализ динамики процесса слияния сигналов дает сведения о скорости обменного процесса.

### Нестандартные карбокатионы

Природа атомов или молекулярных фрагментов, окружающих карбокатионный центр, оказывает сильное влияние на электронное строение и свойства карбокатиона. Какова природа этого влияния? Чем более делокализован («размазан») положительный заряд, тем меньше электростатическая энергия заряженной частицы. То есть чем больше атомов вовлечено в делокализацию заряда, тем стабильнее карбокатион.

Для каждого конкретного атома увеличение достаемой ему доли положительного заряда эквивалентно уходу от него некоторой электронной плотности. Из школьного курса химии известно, что атомы различных элементов в разной степени склонны к тому, чтобы расстаться с электронами, а мерой этой склонности является электроотрицательность (чем она больше, тем труднее атом расстается с электронами).

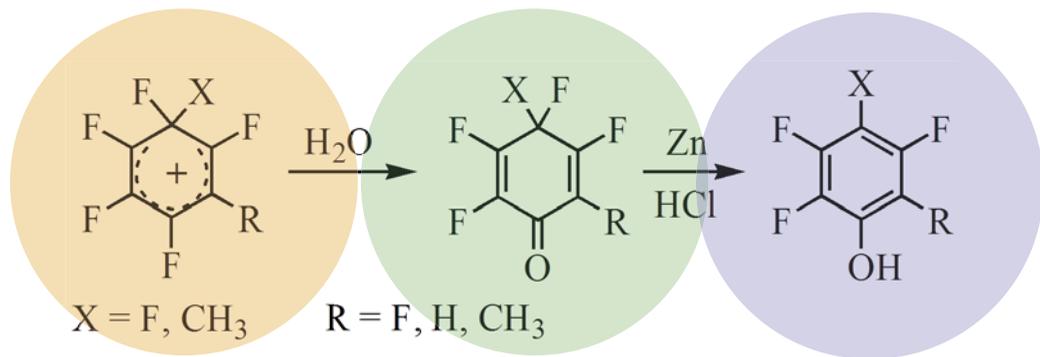
В свою очередь это означает, что чем больше электроотрицательность атомов во фрагментах, тем менее стабильным должен быть карбокатион. «Чемпионом» в шкале электроотрицательностей является атом фтора, и можно ожидать, что карбокатионы с атомами фтора, окружающими карбокатионный центр, не будут долгоживущими.

Тем не менее в цикле работ, выполненных на стыке химии карбокатионов с другим научным направлением – химией полифторароматических соединений, был генерирован целый набор долгоживущих фторированных карбокатионов. Сам факт существования поли-

перфторированных карбокатионов имеет важное значение для развития представлений о механизме многих реакций полифтораренов, позволяя трактовать их как катионоидные реакции. При этом долгоживущие полифторированные карбокатионы являются моделями, изучение которых дает возможность судить о строении и свойствах образующихся в ходе этих реакций короткоживущих карбокатионов.

Большое внимание В. А. Коптюг уделил становлению и развитию исследований в области химии карбокатионов, генерируемых из природных соединений – терпенов и их аналогов. Это было обусловлено особой ролью возобновляемого природного сырья как источника базовых соединений для тонкого органического синтеза и перспективностью использования терпеновых соединений в качестве объектов для развития структурно-кинетической теории молекулярных перегруппировок. Именно в этой области наиболее ярко проявляется роль так называемых «неклассических» карбокатионов, которые в течение многих лет изучались в НИОХ группой профессора В. А. Бархаша.

Суммируем основные достижения В. А. Коптюга и его школы в области химии карбокатионов: современными физическими методами (ЯМР, ИК-спектроскопия, РСА и др.) получена уникальная информация о строении карбокатионов, моделирующих интермедиаты практически важных органических реакций. На основе оригинальной методологии, основанной на изучении вырожденных процессов, выявлены структурно-кинетические закономерности карбокатионных перегруппировок. Заложены основы количественной теории молекулярных перегруппировок, протекающих с промежуточным образованием карбокатионов, и продемонстрирована возможность предсказания основных путей протекания перегруппировок природных соединений терпенового

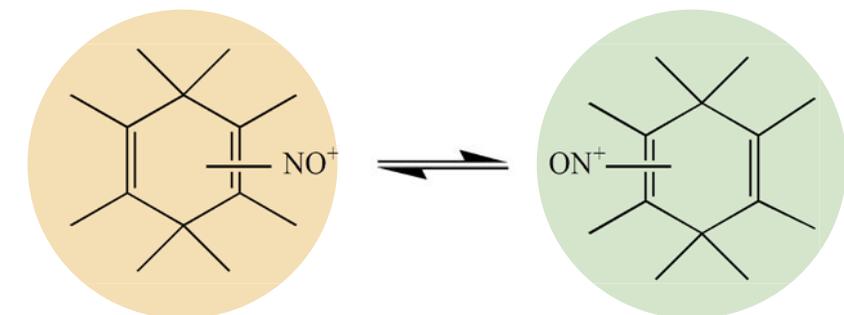


Долгоживущие полифторированные карбокатионы имеют важное значение для развития представлений о механизме катионоидных реакций полифтораренов и являются ценными реагентами в синтезе новых полифтораренов с различными функциональными группами. Изучение механизмов реакций и органический синтез неразрывно связаны и взаимно обогащают друг друга

ряда. Получена обширная информация о способности карбокатионов различных типов к химическим превращениям, что открыло новые возможности для органического синтеза.

Наряду с карбокатионами, то есть  $\sigma$ -комплексами, в которых мигрирующий атом или группа «привязаны» только к одному атому остова иона (своеобразная химическая «моногамия»), значительный интерес вызывают катионные  $\pi$ -комплексы, для которых также можно ожидать структурную жесткость, несмотря на то, что, в отличие от  $\sigma$ -комплексов,  $\pi$ -комплексы характеризуются «полигамией».

Такие катионные комплексы органических соединений играют важную роль в тонких биохимических процессах, обеспечивая высокую степень их эффективности и селективности. Известно, что так называемые «слабые» взаимодействия, в том числе приводящие к образованию  $\pi$ -комплексов, зачастую определяют строение и реакционную способность сложных биологических молекул. Особый интерес представляют нитрозониевые комплексы, так как молекула NO играет уникальную роль в биологических процессах.



Для  $\pi$ -комплекса катиона нитрозония с алкеном характерно динамическое поведение, обусловленное его вырожденной перегруппировкой. Скорость внутримолекулярного перескока группы NO от одной двойной связи к другой настолько велика, что в спектрах ЯМР наблюдаются усредненные сигналы даже при температуре  $-100\text{ }^\circ\text{C}$ !

*Литература*

*Коптюг В.А. Избранные труды. Т. 1, кн. 1. М.: Наука, 2001, 419 с.; Т. 1, Кн. 2. М.: Наука, 2002, 460 с.; Т. 2. М.: Наука, 2003, 245 с.; Т. 3. М.: Наука, 2006, 526 с.*

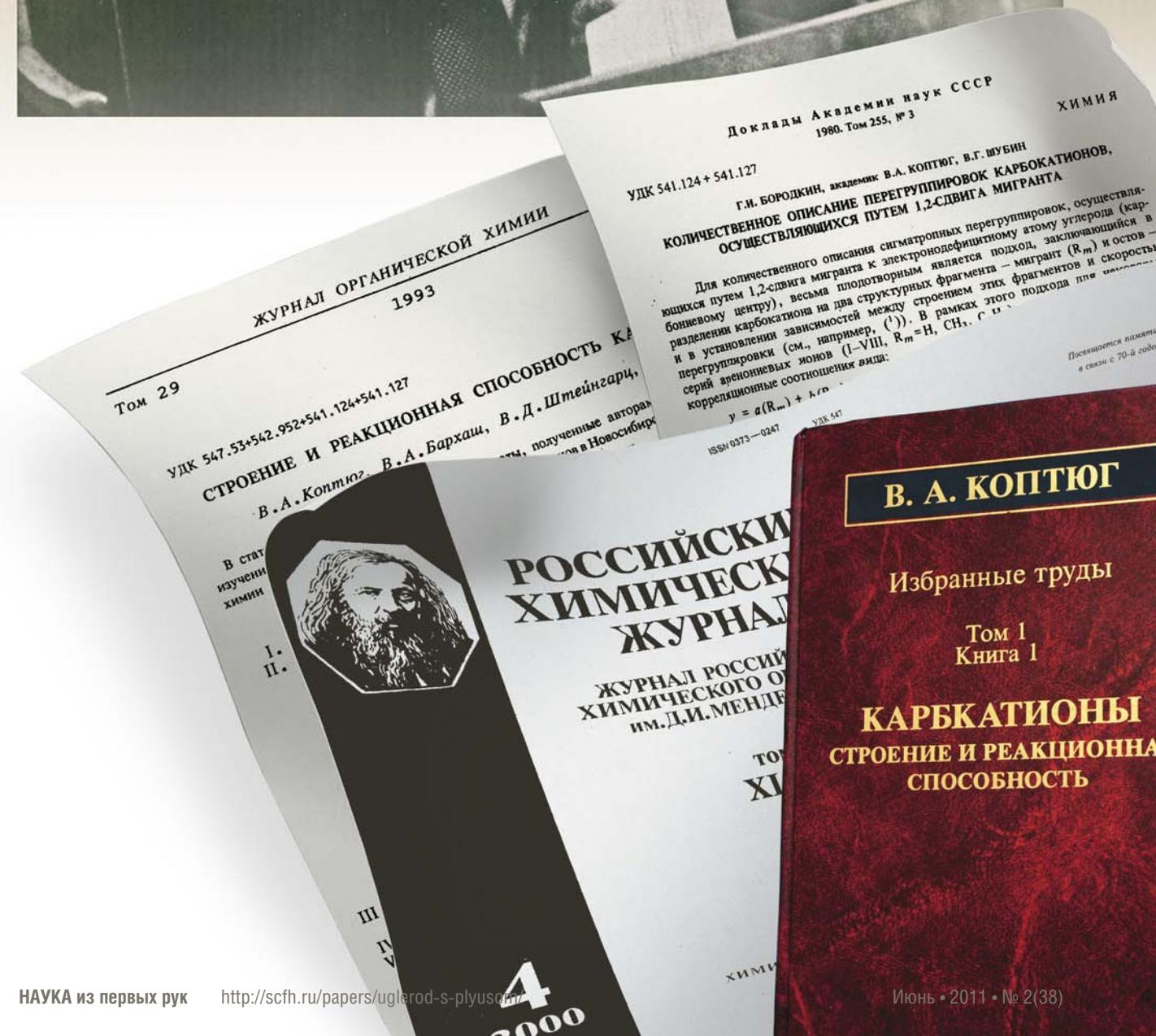
*Borodkin G.I. and Shubin V.G. // Recent Developments in Carbocation and Onium Ion Chemistry / Ed. K.K. Laali. Washington, DC: ACS, 2007. P. 118.*

*Shteingarts V.D. // Synthetic Fluorine Chemistry / Eds. G.A. Olah et al. New York: John Wiley & Sons. 1992. P. 259.*

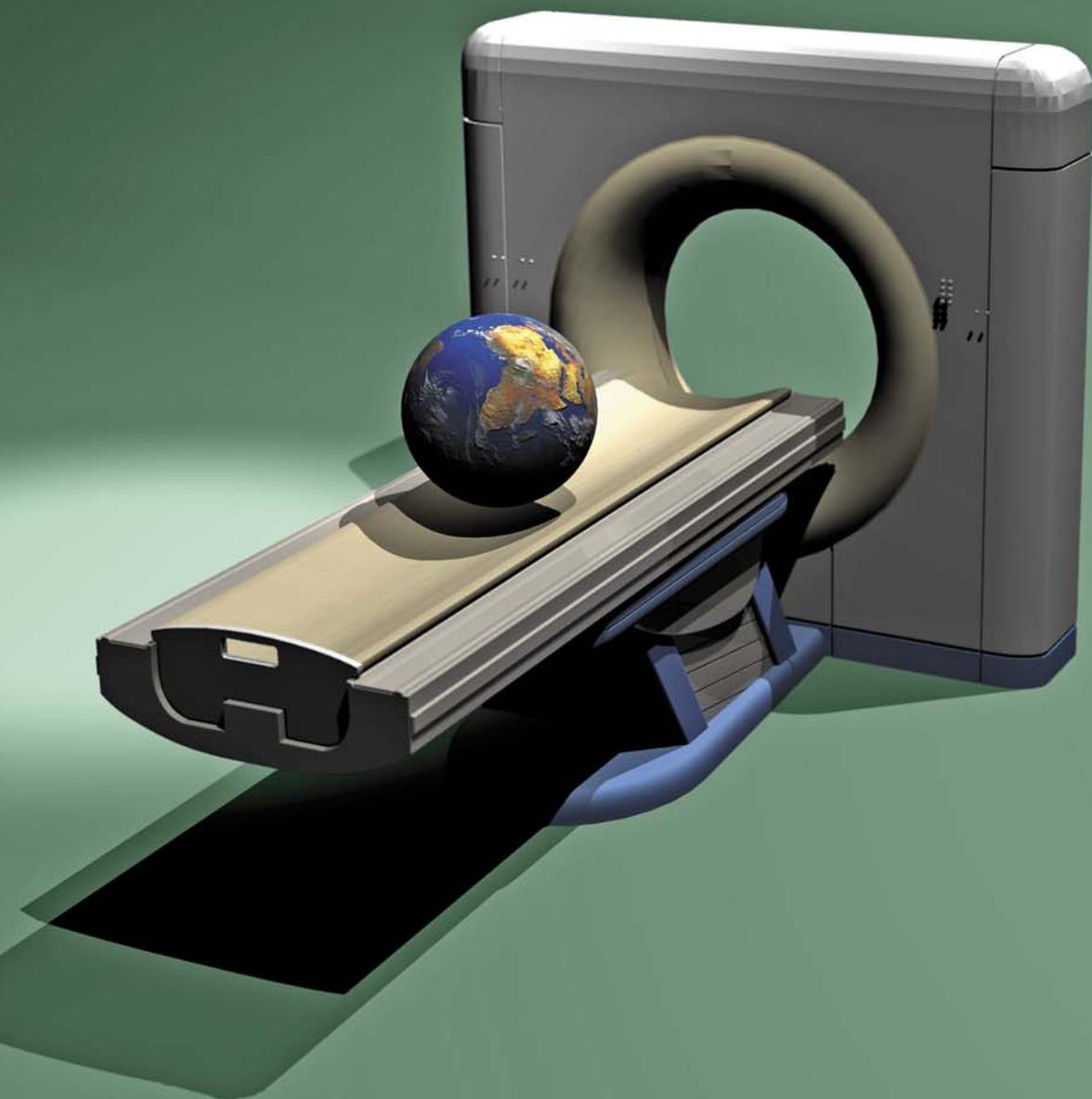
*Shteingarts V.D. // Carbocation Chemistry / Eds. G.A. Olah and G.K.S. Prakash. Hoboken: John Wiley & Sons. 2004. P. 159.*

*Shubin V.G. and Borodkin G.I. // Stable Carbocation Chemistry / Eds. G.K.S. Prakash and P.v.R. Schleyer. New York: John Wiley & Sons. 1997. P. 231.*

*Shubin V.G. and Borodkin G.I. // Carbocation Chemistry / Eds. G.A. Olah and G.K.S. Prakash. Hoboken: John Wiley & Sons. 2004. P. 125.*



# ЯМР: раздвигая границы возможного



Ядерный магнитный резонанс является одним из основных спектроскопических методов в физической химии, ЯМР-спектроскопия уже давно превратилась в один из рутинных инструментов исследований в области химии, биологии, фармакологии, материаловедения и других дисциплин, а магнитно-резонансная томография стала неотъемлемой составляющей современной медицинской диагностики. Наметившаяся в последнее время тенденция к стиранию границ в магнитном резонансе, связанная с перекрестным использованием методик ЯМР жидкости, твердого тела и томографии, приводит к новым открытиям – и новым научным проблемам

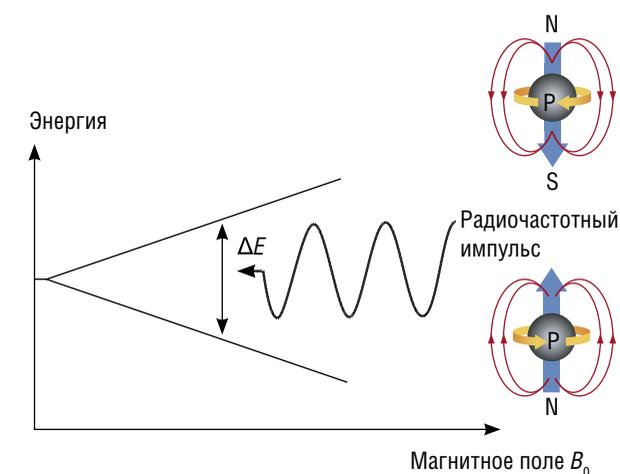


КОПТЮГ Игорь Валентинович – доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией магнитно-резонансной микротомографии Института «Международный томографический центр» СО РАН. Автор и соавтор 90 статей и 7 монографий

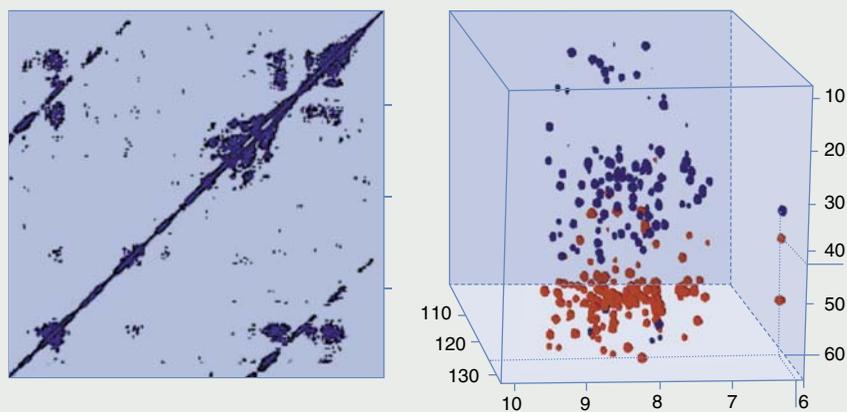
Одним из ведущих спектроскопических методов в химии является ядерный магнитный резонанс. ЯМР-спектроскопия растворов широко применяется при исследовании динамических процессов, включая разнообразные химические и биохимические реакции, конформационные превращения биомолекул, процессы формирования третичной структуры белков, взаимодействие биомолекул с другими молекулами и др. За развитие методов ЯМР для определения трехмерной структуры биомолекул в жидкости присуждена Нобелевская премия по химии (Курт Вютрих, 2002). ЯМР твердого тела нашел

Ядерный магнитный резонанс основан на эффекте поглощения радиочастотной энергии веществом во внешнем магнитном поле. Этот процесс сопровождается изменением ориентации магнитных моментов (спинов) ядер. Отличие от сигнала эталонного вещества называется химическим сдвигом, который напрямую зависит от строения изучаемого соединения. Химический сдвиг обычно крайне мал и потому измеряется в миллионных долях (1 м. д. = 0,0001%). Современная ЯМР-спектроскопия устремлена во все более высокие магнитные поля, и к настоящему времени уже созданы приборы с частотой протонного ЯМР в 1000 МГц. Такое стремление объясняется тем, что отношение сигнал/шум в экспериментальном спектре ЯМР определяется энергией взаимодействия ядерных спинов с магнитным полем, пропорциональной величине этого поля. Спектральное разрешение также выше в более высоких полях

**Ключевые слова:** ЯМР-спектроскопия, магнитно-резонансная томография, МРТ, ЯМР-мышь, «ЯМР наизнанку», параводород, поляризация ядер.  
**Key words:** NMR spectroscopy, magnetic resonance imaging, MRI, inside-out NMR, parahydrogen, nuclear spin polarization



Величина энергии  $\Delta E$ , необходимой для переориентации спина ядра, меняется в зависимости от его химического окружения. Так, ядра атомов одного сорта в различных окружениях в молекуле дают различные сигналы ЯМР



Многомерный ЯМР позволяет решать задачи, перед которыми пасует одномерная ЯМР-спектроскопия. Двумерный (слева) и трехмерный (справа) спектры ЯМР позволяют решать проблему перекрытия линий в одномерном спектре ЯМР, возникающую в белковых молекулах вследствие большого числа атомов в сравнении с простым органическим соединением

широкое применение при исследовании состава и структуры различных материалов, их физико-химических превращений, химических реакций на поверхности гетерогенных катализаторов и многого другого. Такой раздел ЯМР, как магнитно-резонансная томография, позволяет неразрушающим и безвредным образом изучать морфологию и свойства живых объектов и протекающие в них сложные биопроцессы, включая течение крови, развитие различных патологий тканей, функциональную активность головного мозга и т. п.

Чтобы подчеркнуть полную безопасность исследования для пациентов, ЯМР-томографии пришлось потерять в своем названии букву «Я» и называться «МРТ». За создание метода МРТ Нобелевская премия была присуждена по физиологии/медицине (Пол Лаутербур и сэр Питер Мансфилд, 2003).

Однако существуют факторы, которые сдерживают более широкое развитие и применение ЯМР в науке и практике. К ним относятся высокая стоимость современного оборудования, необходимость размещения объекта исследования в буквальном смысле внутри прибора и ряд других факторов. В результате современные приборы для ЯМР и МРТ практически невозможно использовать, например, в условиях промышленного производства.

Тем не менее потенциал применения ЯМР на производстве весьма велик. Заманчивой является возможность определения химического состава различных смесей с непрерывным отбором проб из реактора или даже непосредственно внутри технологического трубопровода; свойств полимеров и эластомеров в условиях технологической линии; степени гидратации бетонных изделий и т. п. К сожалению, многие материалы технологических линий и процессов делают их несовместимыми с исследованиями методом ЯМР.

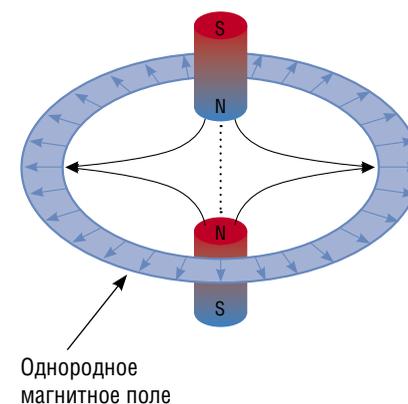
В частности, высокочастотное электромагнитное поле почти не проникает внутрь проводников, что не позволяет получать сигнал ЯМР от веществ в металлических контейнерах и трубопроводах. Значительные количества ионов железа в обычном цементе и различных парамагнитных ионов в горных породах негативным образом отражаются на величине регистрируемого сигнала.

Таким образом, лишь условия лаборатории (клиники) являются оптимальными для работы современных ЯМР-спектрометров и томографов, а за их пределами они, на первый взгляд, оказываются практически бесполезными. К счастью, это не так.

## Непривычный ЯМР

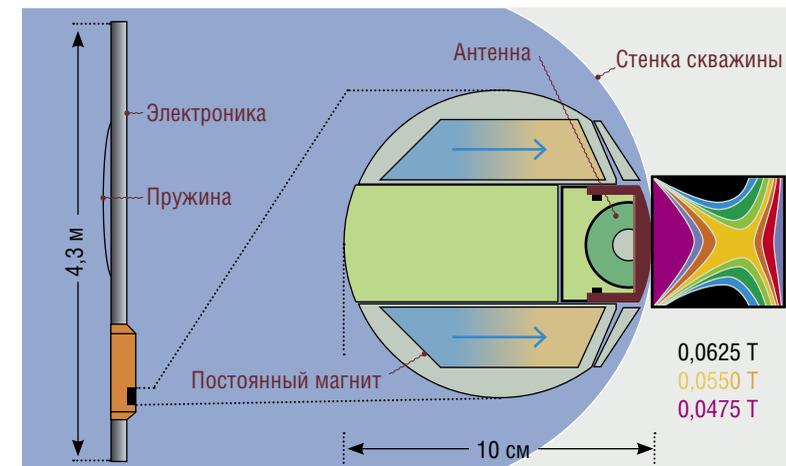
В последние годы в ЯМР наметился ряд новых тенденций, направленных на преодоление имеющихся ограничений. Примечательно, что порой это приводит к опровержению некоторых «непреложных истин». Так, в традиционном ЯМР дорогостоящий прибор в некотором смысле является «центром вселенной», вокруг которого «вращаются» и которому подчиняются объекты исследования. И если объект или процесс по характеристикам (форме, размеру, составу, температуре, давлению и т. п.) не удастся вписать в условия, диктуемые прибором, то его исследование методом ЯМР невозможно.

Создание открытых и мобильных систем для ЯМР и МРТ привело в некотором смысле к смене основной парадигмы, в результате чего в центре оказался объект исследования. Для решения широкого спектра задач за пределами исследовательской лаборатории в большинстве случаев приходится отказаться от использования высокопольных сверхпроводящих магнитов. Исполь-



Однородное магнитное поле

Основной принцип «ЯМР наизнанку» состоит в том, что геометрия магнитов и конфигурация их взаимного расположения выбираются таким образом, чтобы область однородности постоянного магнитного поля находилась вне устройства. Молекулы, находящиеся именно в этой области, и дают сигнал ЯМР, регистрируемый в эксперименте. Например, конфигурация постоянного и переменного магнитных полей датчика, используемого для ЯМР-каротажа буровых скважин, такова, что объем, в пределах которого выполнены условия резонансного поглощения энергии ядерными спинами молекул, расположен внутри горной породы, образующей стенки скважины. По: (Jackson et al., 1980; Kleinberg et al., 1992)



зование постоянных магнитов позволяет создавать относительно недорогие специализированные устройства, предназначенные для исследования конкретного объекта и оптимизированные для решения той или иной конкретной задачи. Сегодня достигнут значительный прогресс на пути создания переносных (до 10–20 кг) и мобильных (несколько десятков кг) систем.

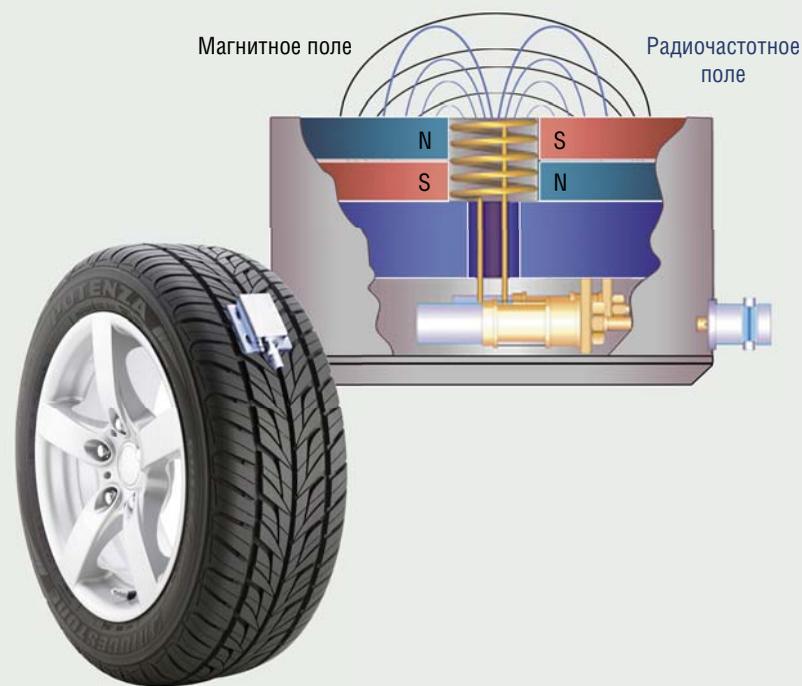
Другая важная концепция – «ЯМР наизнанку» – позволяет отказаться от необходимости размещения объекта исследования внутри датчика (магнита). Для этого применяются магниты и радиочастотные катушки, которые создают соответствующую чувствительную область хоть и вблизи устройства, но за его пределами. Отказ от использования сверхвысоких полей, на первый взгляд, противоречит присущему ЯМР стремлению во все более высокие поля для повышения чувствительности и спектрального разрешения, однако преимущества, связанные с мобильностью устройства и отсутствием ограничений на размер и форму исследуемого объекта, могут в ряде случаев оказаться куда важнее.

Двигателем прогресса в области «ЯМР наизнанку» стали нефтедобыча и нефтеразведка. Именно для ЯМР-каротажа нефтяных скважин впервые было создано устройство, опускаемое в буровую скважину на глубину до 10 км для изучения наличия и свойств жидкой фазы (нефти и воды) в породе, характеристик порового пространства стенок скважины и взаимодействия жидкости с поверхностью пор.

На основе этой концепции создан также и ЯМР-эндоскоп, который имеет внешний диаметр 1,7 мм (!) и может вводиться в крупные сосуды человека для диагностики их состояния.

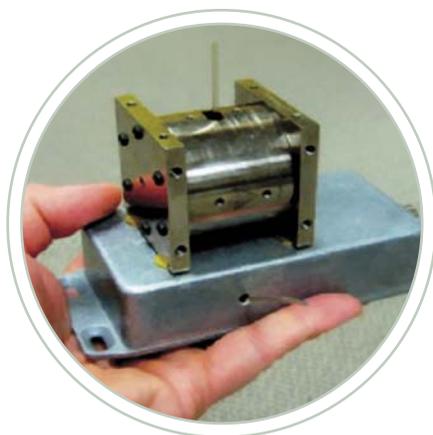
Одной из наиболее успешных разработок мобильного ЯМР стала ЯМР-мышь – портативный датчик, первоначально предназначавшийся для исследования свойств резинотехнических изделий. С его помощью можно определять состояние покрышки автомобиля без демонтажа колеса, степень поперечного сшивания цепей полимера, исследовать процессы вулканизации, старения полимеров и их набухания в растворителе.

ЯМР-мышь характеризуется значительной неоднородностью приложенного постоянного магнитного поля, что в традиционном ЯМР считается большим недостатком. Однако именно большой градиент магнитного поля устройства позволяет исследовать такие нетрадиционные объекты, как армированные стальным кордом покрышки, железобетонные конструкции, конвейерные ленты и т. п. Ведь многие исследования невозможно выпол-



Устройство ЯМР-мышь имеет датчик размером с ладонь. П-образный магнит создает постоянное магнитное поле, которое быстро уменьшается по направлению от поверхности датчика. Значительный градиент магнитного поля в комбинации с переменным магнитным полем определяет в пространстве небольшую область чувствительности датчика, которая находится за его пределами. Изменение частоты переменного поля позволяет перемещать чувствительную область в глубь исследуемого объекта. Значительная величина градиента постоянного поля полезна и для МРТ-исследований твердых материалов с пространственным разрешением в десятки микрон.

По: (Blumich et al., 2008)



Этот миниатюрный спектрометр ЯМР с полем 2 Тл позволяет, например, измерить спектр ЯМР  $^1\text{H}$  этанола на частоте 44,2 МГц. Сорок лет назад спектры такого качества можно было получить только с помощью ЯМР высокого разрешения. Однородность постоянного магнитного поля достаточна для различения сигналов от трех групп молекулы.

По: (Blumich et al., 2008)

нить с использованием традиционного ЯМР в однородном поле – изучить, скажем, состояние знаменитой Моны Лизы, так как для этого потребуются отделить от объекта исследования небольшой фрагмент. Бесконтактные измерения с помощью устройств типа ЯМР-мышь переводят такие исследования в разряд возможных.

## Игра на магнитном поле

Обычно для получения высокого спектрального разрешения в ЯМР-спектроскопии требуется максимально однородное магнитное поле. Таким образом, может показаться, что устройства типа ЯМР-мышь с однородностью поля в десятки и сотни миллионных долей неприменимы для ЯМР-спектроскопии. Но и это препятствие преодолимо, причем как за счет создания устройств с более однородными магнитными полями, так и за счет развития и применения новых методов регистрации сигнала в существенно неоднородных магнитных полях. Поэтому в настоящее время развитие методов спектроскопии ЯМР в неоднородных магнитных полях занимает важное место в магнитном резонансе.

Достижения современного ЯМР способны обеспечить приемлемую чувствительность даже в слабых и сверхслабых магнитных полях, включая ЯМР в магнитном поле Земли (0,00005 Тл). Именно на пути в слабые и сверхслабые магнитные поля специалистов поджидал один из сюрпризов. До недавнего времени считалось, что такие поля бесполезны для спектроскопических приложений ЯМР. Действительно, различия в химических сдвигах ядер в низких полях наблюдать не удается. Но было экспериментально установлено, что спин-спиновые взаимодействия ядер обеспечивают

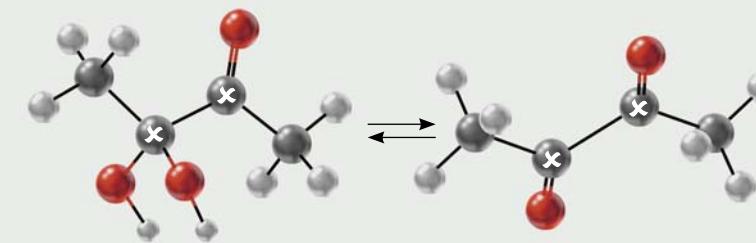
достаточное количество спектральной информации для интерпретации спектров ЯМР, регистрируемых в полях порядка 0,01 Тл.

Развитие приложений в слабых полях позволяет преодолеть и еще одно ограничение ЯМР, казавшееся неизбежным, а именно невозможность регистрации сигнала ЯМР от объекта, заключенного в металлический контейнер.

## Спиновые долгожители

При нормальных условиях для протонов в жидкости времена ядерной спиновой релаксации обычно лежат в секундном диапазоне. Это означает, что спиновая система полностью «забывает» о любом внешнем воздействии через несколько секунд. Однако многие современные ЯМР и МРТ эксперименты построены на том, что регистрация сигнала происходит не сразу, а спустя определенное время после исходного возбуждения спиновой системы. Из-за «забывчивости» спиновой системы не удается измерять низкие скорости течения жидкостей и газов, малые коэффициенты диффузии молекул, слабые межспиновые взаимодействия и многое другое. И до недавнего времени казалось, что это серьезное ограничение обойти уж точно невозможно.

Неожиданный, но приятный сюрприз нашелся и здесь. Оказалось, что даже в жидкости при нормальных условиях спиновая



Манипулировать долгоживущими состояниями можно с помощью химической реакции. В исходной молекуле диацетил  $\text{CH}_3^{13}\text{C}(=\text{O})^{13}\text{C}(=\text{O})\text{CH}_3$  с карбонильными группами, мечеными изотопом  $^{13}\text{C}$ , два атома  $^{13}\text{C}$  являются эквивалентными и формируют долгоживущее состояние с  $I=0$ .

При добавлении воды образуется моногидрат  $\text{CH}_3^{13}\text{C}(=\text{O})^{13}\text{C}(\text{OH})_2\text{CH}_3$ , в котором два атома  $^{13}\text{C}$  становятся неэквивалентными. Это позволяет манипулировать состояниями спинов этих ядер и регистрировать их сигнал ЯМР. Добавление ацетона вновь сдвигает равновесие в сторону диацетилла и воссоздает долгоживущее состояние с  $I=0$ .

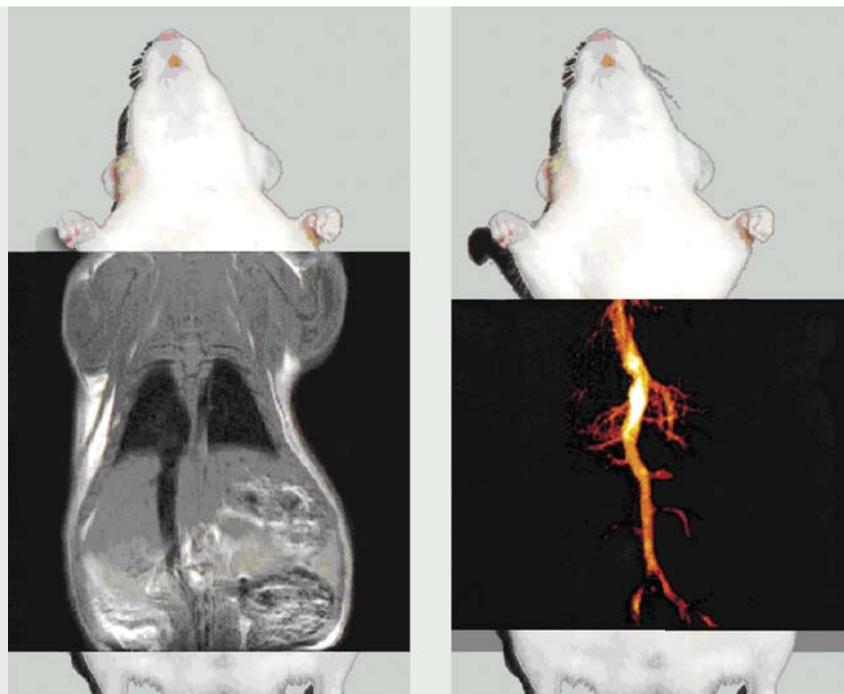
По: (Warren et al., 2009)

система может «помнить» о своей предыстории многократно дольше, чем это диктуется временами релаксации ядерных спинов. Это связано с существованием так называемых «долгоживущих состояний» спиновых систем, времена жизни которых могут превышать времена обычной релаксации на порядок и более.

Надо сказать, что в настоящее время удивление вызывает не сам факт существования таких состояний, а то, каким же образом сообществу специалистов в области ЯМР удалось не замечать этого на протяжении многих лет. Ведь объяснение природы таких состояний достаточно очевидно: это ядерные спиновые состояния групп эквивалентных атомов с нулевым полным суммарным спином. А если нет спина, то нет и ядерной спиновой релаксации.

В результате время жизни такого состояния может на порядки превышать времена спиновой релаксации, что можно использовать для значительного расширения применимости ЯМР к исследованию медленных физических и химических процессов. Однако не все так просто, поскольку состояние с нулевым спином не регистрируется в ЯМР-эксперименте. Триюк состоит в том, чтобы на время приложения импульсной последовательности и на время регистрации сигнала сделать ядра неэквивалентными, а в промежутке между различными интервалами эволюции спиновой системы эту эквивалентность восстановить.

Такая операция возможна благодаря, например, воздействию постоянного и переменного магнитных полей, обратимых химических превращений и др. Интересные примеры использования долгоживущих состояний включают исследование медленных диффузионных процессов и динамики медленных химических превращений. Однако это лишь первые шаги, и научное сообщество ожидает новые достижения и сюрпризы.



Магнитно-резонансная томография позволяет по сигналу ЯМР  $^1\text{H}$  получить анатомическое изображение мыши (слева) и ангиографическое изображение кровеносных сосудов по сигналу ЯМР  $^{13}\text{C}$  после внутривенного введения гиперполяризованного контрастного агента (справа). Ангиографическое изображение получено за 0,9 с благодаря огромному усилению сигнала ЯМР в результате эффекта ИППЯ для диметилового эфира малеиновой кислоты, возникающего при гидрировании соединения-предшественника параводородом.

По: (Golman et al., 2001)

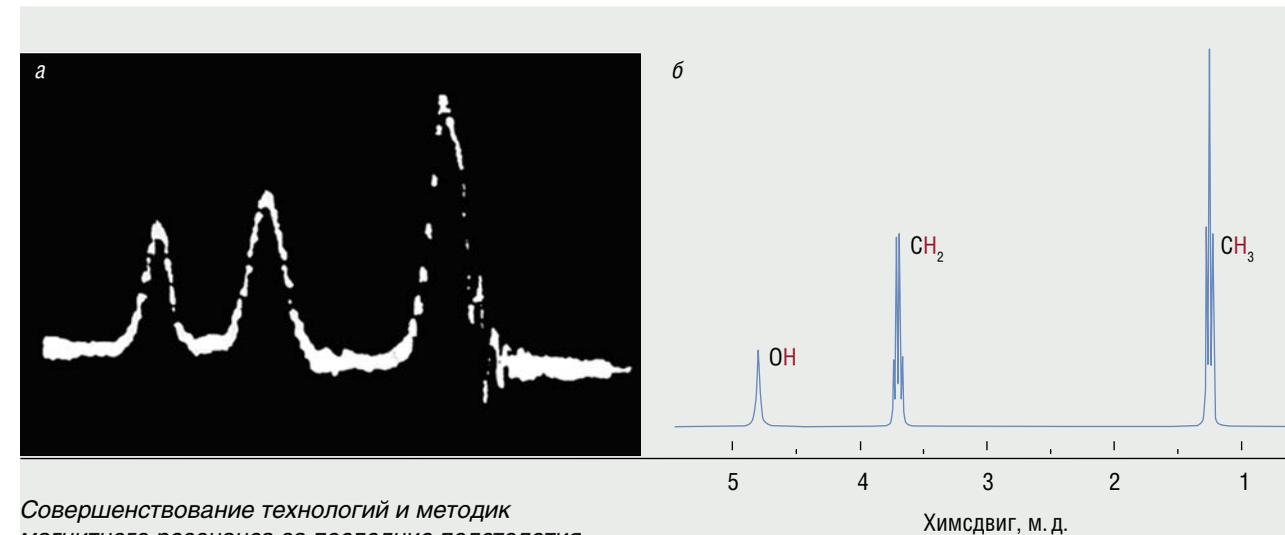
## Параводородный усилитель

Другим примером долгоживущего спинового состояния является параводород – ядерный спиновый изомер молекулы  $\text{H}_2$  с нулевым суммарным спином. Для использования особых свойств параводорода также необходимо сделать два атома водорода неэквивалентными. Так, еще в 1987 г. было показано, что использование параводорода в гомогенных каталитических реакциях гидрирования непредельных соединений приводит к значительному усилению сигнала ЯМР в продуктах реакции – так называемой *индуцированной параводородом поляризации ядер* (ИППЯ). Это усиление может составлять порядка 10 000 в магнитных полях современных ЯМР-спектрометров.

Такое огромное усиление сигнала значительно расширяет возможности применения ЯМР в гомогенном катализе, позволяя более детально исследовать механизмы гомогенных каталитических процессов, регистрировать методом ЯМР короткоживущие промежуточные состояния и т. п. Более того, усиление сигнала ЯМР на несколько порядков имеет серьезные последствия и для МРТ. Так, в настоящее время ведутся работы по исследованию методами ЯМР/МРТ процессов метаболизма *in vivo*, когда введенное в живой организм поляризованное вещество претерпевает в организме биохимические превращения, позволяя усиливать сигнал ЯМР продуктов этих превращений. Для этих же целей используются и другие методы гиперполяризации ядерных спинов.

В то же время в гетерогенных каталитических процессах получение ИППЯ до недавнего времени считалось невозможным, поскольку гетерогенным катализаторам промышленного гидрирования присущ совершенно иной механизм реакции, который, казалось, не дает шансов для наблюдения ИППЯ. Однако и на этом направлении у «невозможного» удалось отбить новые территории для научных исследований и практических приложений магнитного резонанса. Оказалось, что для ряда гетерогенных катализаторов гидрирования можно наблюдать усиление сигнала ЯМР продукта при использовании в реакции параводорода.

Этот примечательный факт делает возможным создание новых высокочувствительных методов ЯМР для каталитических исследований, а также создание высокоэффективных процессов для получения гиперполяризованных чистых жидкостей и газов, на основе которых можно развивать новейшие биомедицинские и технические приложения метода ЯМР/МРТ. Развитие методов гиперполяризации ядерных спинов имеет особую актуальность в контексте упомянутых выше исследований и приложений в слабых и сверхслабых магнитных полях, где вопросы чувствительности имеют первоочередное значение, а получаемые коэффициенты усиления сигнала еще выше.



Совершенствование технологий и методик магнитного резонанса за последние полстолетия привело к революционным изменениям в качестве спектров ЯМР: (а) Спектр ЯМР этанола, опубликованный в 1951 г., (б) аналогичный спектр, рутинно получаемый на современных высокопольных спектрометрах ЯМР

Итак, магнитный резонанс преодолел очередной виток спирали своего развития. В результате мы получили возможность регистрировать в слабых и неоднородных магнитных полях спектры примерно такого же качества, которое в ЯМР высокого разрешения было доступно сорок лет назад. Возникает вопрос: а является ли такое «развитие» движением вперед? Без сомнения, да. Технологии и методики постоянно совершенствуются, и еще через некоторое время качество спектров в низких и неоднородных полях приблизится к тому, которое доступно сегодня при использовании высокопольных спектрометров ЯМР.

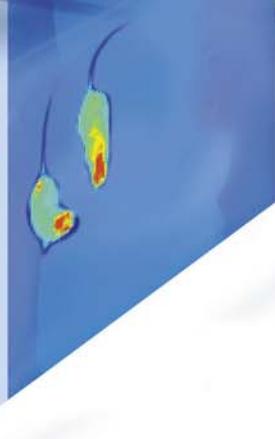
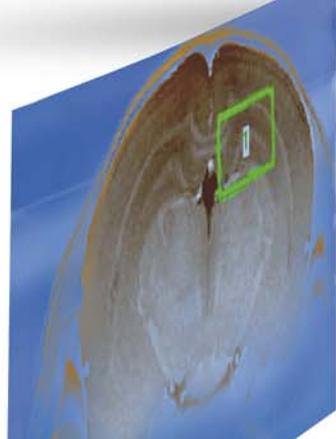
Однако наиболее важным аспектом здесь является то, что делается это отнюдь не как альтернатива высокопольной ЯМР-спектроскопии и томографии, а как развитие метода с целью его распространения на огромный круг существенно иных задач, которые по-прежнему не могут быть решены с помощью суперсовременного и супердорогостоящего высокопольного оборудования. В результате такой диверсификации направлений развития метода ЯМР и доступных приложений границы возможного в магнитном резонансе удалось существенно раздвинуть. И это еще далеко не предел.

Редакция благодарит к. х. н. Н. И. Сорокина и к. г.-м. н. В. Д. Ермакова за помощь в подготовке материалов статьи

Лумература  
Blumich B., Perlo J., Casanova F. *Mobile single-sided NMR // Progr. NMR Spectr.* 2008. 52. P. 197–269.  
Blumich B., Anferova S., Kremer K., et al. *Unilateral NMR for quality control: The NMR-MOUSE // Spectroscopy.* 2003. 18. P. 18–32.  
Blumich B., Casanova F., Appelt S. *NMR at low magnetic fields // Chem. Phys. Lett.* 2009. 477. P. 231–240.  
Blumich B., Casanova F., Dabrowski M., et al. *Small-scale instrumentation for nuclear magnetic resonance of porous media // New J. Phys.* 2011. 13. 015003.  
Kleinberg R. L., Sezginer A., Griffin D. D., Fukuhara M. *Novel NMR apparatus for investigating an external sample // J. Magn. Reson.*, 1992. 97. P. 466–485.  
Koptyug I. V., Kovtunov K. V., Burt S. R., Anwar M. S., et al. *Para-Hydrogen-induced polarization in heterogeneous hydrogenation reactions // J. Amer. Chem. Soc.* 2007. 129. P. 5580–5586.  
Kovtunov K. V., Beck I. E., Bukhtiyarov V. I., Koptyug I. V. *Observation of parahydrogen-induced polarization in heterogeneous hydrogenation on supported metal catalysts // Angew. Chem. Int. Ed.* 2008. 47. P. 1492–1495.  
Pileio G., Carravetta M., Hughes E., Levitt M. H. *The long-lived nuclear singlet state of  $^{15}\text{N}$ -nitrous oxide in solution // J. Amer. Chem. Soc.* 2008. 130. P. 12582–12583.  
Sarkar R., Vasos P. R., Bodenhausen G. *Singlet-state exchange NMR spectroscopy for the study of very slow dynamic processes // J. Amer. Chem. Soc.* 2007. 129. P. 328–334.  
Warren W. S., Jenista E., Branca R. T., Chen X. *Increasing hyperpolarized spin lifetimes through true singlet eigenstates // Science.* 2009. 323. P. 1711–1714.

Н. А. КОЛЧАНОВ, М. П. МОШКИН, Р. З. САГДЕЕВ, В. К. ШУМНЫЙ

# СИБИРСКИЙ ЦЕНТР генетических ресурсов – три года спустя



**Ключевые слова:**  
лабораторные животные, генетические модели патологии, криоархивирование, трансгенез, фенотипирование, томография, фармакология, токсикология, нанобиобезопасность.

**Key words:**  
laboratory animals, genetic model of pathology, cryoarchiving, transgenic animals, phenotyping, imaging, pharmacology, toxicology, nanobiosafety

Год назад инфраструктура Сибирского отделения РАН пополнилась уникальным для России «SPF-виварием» Института цитологии и генетики СО РАН, соответствующим всем мировым стандартам. «НАУКА из первых рук» уже писала о создании этого технически очень сложного объекта, предназначенного для содержания практически «стерильных» лабораторных животных, используемых в экспериментальных исследованиях. Новый центр коллективного пользования стал базой для проведения мультидисциплинарных работ специалистами многих институтов СО РАН

Принцип «лечить не болезнь, а больного», провозглашенный Гиппократом в IV в. до н. э., приобретает все большую значимость на фоне экстенсивного роста материальных вложений в фармакологию. Сегодня эффективность лечения даже самыми современными препаратами не превышает 60 %, а негативные побочные эффекты наблюдаются примерно у трети пациентов (Кукес и др., 2008). Поэтому многовековая история поиска подходов к персонализированной медицине, основанной не только на опыте и интуиции врача, но и на объективных оценках индивидуальных свойств пациента, обретает «второе дыхание».

Поводом для оптимизма служат научные достижения, список которых открывает завершившаяся на рубеже тысячелетий полная расшифровка генетического кода человека. Не вызывает сомнения, что уже в ближайшие годы благодаря совершенствованию технологий затраты на прочтение персональных геномов будет покрывать обычная медицинская страховка. Параллельно развитию методов генетического анализа идет накопление информа-

КОЛЧАНОВ Николай Александрович – доктор биологических наук, профессор, академик РАН, директор и заведующий отделом системной биологии Института цитологии и генетики СО РАН (Новосибирск), заведующий кафедрой информационной биологии ФЕН НГУ. Автор и соавтор более 480 научных работ, в том числе 9 монографий, 12 авторских свидетельств и 1 патента



МОШКИН Михаил Павлович – доктор биологических наук, профессор, заведующий отделом генофондов экспериментальных животных, научный руководитель ЦКП «SPF- виварий» Института цитологии и генетики СО РАН (Новосибирск). Организатор рабочей группы по генетическому разнообразию лабораторных животных Российской ассоциации специалистов по работе с лабораторными животными. Автор и соавтор более 150 научных работ, в том числе 1 монографии

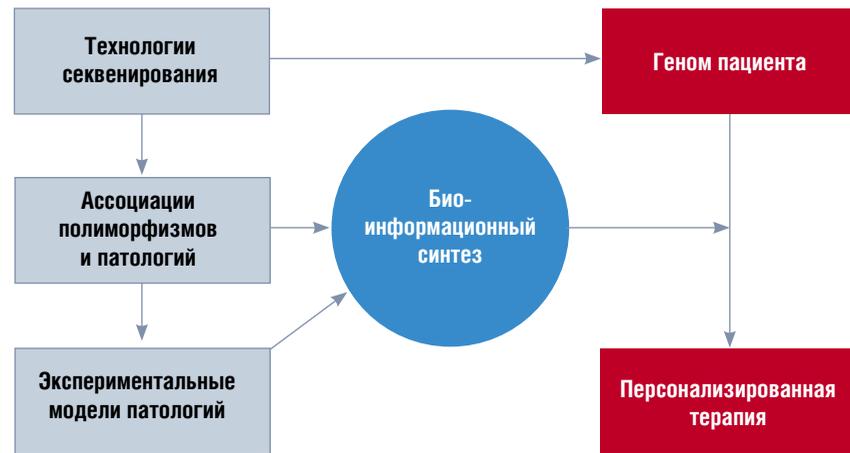


САГДЕЕВ Ренад Зиннурович – доктор химических наук, академик РАН, первый заместитель председателя СО РАН, директор Института «Международный томографический центр» СО РАН (Новосибирск). Лауреат Ленинской премии (1986), Государственной премии РФ (1994). Автор и соавтор более 400 научных работ, в том числе 5 монографий



ШУМНЫЙ Владимир Константинович – доктор биологических наук, профессор, академик РАН, научный советник РАН, вице-президент Вавиловского общества генетиков и селекционеров России. Кавалер орденов Трудового Красного Знамени, «Знак Почета», «За заслуги перед Отечеством». Автор более 350 научных работ, в том числе 4 монографий





Базовый методологический принцип в достижении идеала, провозглашенного Гиппократом, – «лечить не болезнь, а больного», заключается в интеграции на основе системной биологии геномных технологий, геномики и экспериментального изучения генетически детерминированных патологий человека

ции о влиянии отдельных генов на предрасположенность людей к болезням или, напротив, к достижению выдающихся результатов в интеллектуальной деятельности, творчестве и спорте.

По экспертным оценкам число таких генетических вариаций (*полиморфизмов*) превышает два миллиона (Bloom, 2001). Выявить среди подобного множества отдельные гены или их комплексы, определяющие те или иные индивидуальные предрасположенности, позволяют современные информационные и компьютерные технологии.

Но достаточно ли будет этого для разработки оптимальных стратегий персонализированной профилактики и лечения болезней или для формирования персональных образовательных «маршрутов»? Дело в том, что организм человека и ближайших к нему видов млекопитающих чрезвычайно сложен. Поэтому для расшифровки механизмов реализации генетических программ, в том числе и приводящих к болезням, приходится прибегать к экспериментальному изучению животных, по генетическим и общебиологическим характеристикам наиболее близким к человеку.

## Братья по болезням

Для моделирования генетической предрасположенности к болезням лабораторных животных традиционно селекционируют по наличию у них симптомов интересующей патологии. Таким способом в ИЦиГ СО РАН были созданы линии крыс и мышей, характеризующиеся повышенным артериальным давлением, преждевременным старением, а также некоторыми поведенческими отклонениями от «нормы». Такие организмы являются ценным материалом для расшифровки патогенетических процессов и поиска новых средств профилактики и лечения болезней.

Кроме того, среди лабораторных животных удавалось

выявлять носителей спонтанных или экспериментально вызванных мутаций, которые приводили к нарушениям морфологии, обмена веществ, иммунных или физиологических процессов, характерных для некоторых болезней человека.

Но все же настоящий расцвет в деле создания экспериментальных животных с генетической предрасположенностью к болезням связан с «постгеномной» эрой, т.е. началом нынешнего века. Сегодня методами генной инженерии можно целенаправленно выключать (*нокаутировать*) отдельные гены или создавать животных, в геном которых внедрены варианты генов, ассоциированные с болезнями человека.

Один из примеров успешной работы в этой области связан с изучением ревматоидного артрита в Токийском университете (Ивакура и др., 2008; Iwakura et al., 2008). В Японии среди страдающих ревматоидным артритом часто встречаются носители ретровируса HTLV-I. Чтобы понять его роль в патогенезе заболевания, ученые внедрили ретровирус в геном мышей, у которых с определенного возраста действительно стали появляться типичные симптомы ревматоидного артрита. Для сравнительного анализа была создана еще одна линия мышей, у которых предрасположенность к артриту была вызвана выключением гена, отвечающего за выработку противовоспалительного регулятора IL-1 Ra. Далее у каждой из линий были поэтапно нокаутированы ключевые гены воспалительных реакций, которые определяют развитие болезни.

Полученные генно-инженерными методами линии мышей позволили в результате выявить наиболее адекватные молекулярные мишени для медикаментозного воздействия. Они оказались разными для артрита, обусловленного разными причинами. Стало понятно, почему лекарственные препараты, помогающие большинству европейцев, оказываются бесполезными для большей части японских больных. Этот случай показы-



Среди модельных биологических объектов лидируют лабораторные мыши. Они оптимальны с позиций соотношения «цена – качество»: геном мышей на 95 % совпадает с человеческим геномом, а затраты на их разведение и содержание существенно меньше по сравнению со свиньями и обезьянами, генетически более близкими человеку. Данные по ЕС, 2005 г.

вает научно-обоснованные пути формирования технологий персонализированной медицины в приложении к конкретному заболеванию.

Исследования по ревматоидному артриту – лишь один из примеров изучения этнических особенностей формирования болезней, которые по своим симптомам могут быть очень похожи друг на друга. Учет генетических особенностей населения играет большую роль в становлении персонализированной медицины. Он же заставляет отказаться от иллюзорных надежд на решение собственных проблем только за счет импорта знаний. Поэтому развитие исследований в области экспериментального моделирования патологий в государствах, ответственно относящихся к национальному здоровью, поддерживается не только и не столько фармакологическим бизнесом, сколько федеральными средствами. Следует подчеркнуть, что этнический аспект особенно значим для нашей многонациональной страны.

## В мышинной кодировке

Для расшифровки всего лишь двух вариантов патогенеза в случае с ревматоидным артритом потребовалось создание восьми линий мышей с заданными генетическими свойствами. Но самих болезней, как и их индивидуальных вариантов, неизмеримо больше.

Собственно, вариантов ровно столько, сколько и пациентов. Обеспечить каждый из них экспериментальными моделями практически невозможно, но понять основные принципы формирования генетически детерминированных заболеваний необходимо. Этот факт предопределяет стремительный рост поголовья экспериментальных животных, наблюдаемый во всех развитых странах.

Помимо моделирования патологий, создание коллек-

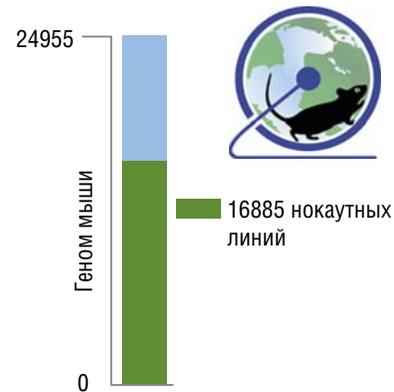
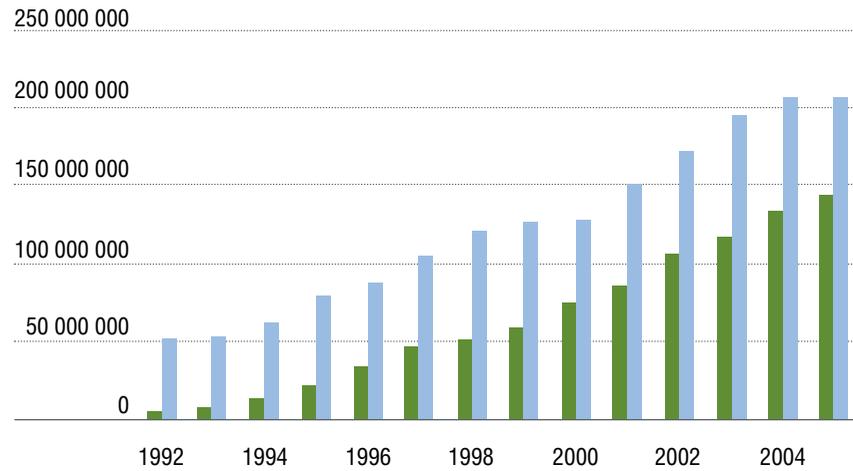
ций экспериментальных животных, геномы которых близки к человеку, является одним из ключевых условий для успешного шага от расшифровки «буквенных последовательностей» в генетическом коде человека до осмысленного прочтения этого чрезвычайно сложного текста.

Полное секвенирование генома у мыши было выполнено сразу вслед за таковым у человека. И почти сразу стало ясно, что исходя из одного лишь знания нуклеотидных последовательностей довольно трудно предсказать эффекты на уровне целостного организма (Schofield, 2008). Самый простой подход к получению ответа на вопрос о том, какую роль играет конкретный ген в формировании индивидуальных свойств организма, заключается в изучении *фенотипических\** эффектов, вызванных выключением этого гена. Для этого нужно иметь коллекции нокаутных линий, число которых должно быть близко к общему числу генов.

Масштабы проблемы «не пугают» современных ученых. Пример их отваги – проект *Knockout Mouse Project* (КОМП), инициированный Национальным институтом здоровья США в 2005 г. Его цель – создание на основе «популярной» линии лабораторных мышей C57Bl коллекции генотипов, каждый из которых будет иметь нокаут по одному из генов. Вскоре к реализации этого проекта присоединились еще три научные команды, образовав *International Knockout Mouse Consortium* (ИКМС).

Сегодня их объединенными усилиями создано более 16 тыс. линий эмбриональных стволовых клеток с нокаутами кодирующих генов (для сравнения – полный геном мыши содержит около 25 тыс. генов). На основе этих клеточных линий уже создано более полутора

\* *Фенотип* – совокупность всех признаков и свойств организма, сформировавшихся в процессе индивидуального развития



тысяч мышей с нокаутами отдельных генов.

Помимо выключения генов, методы генной инженерии позволяют получать животных с управляемой экспрессией (активацией) генов. Управление можно осуществить в любой момент индивидуальной жизни введением фармакологических препаратов. Кроме того, для прямого наблюдения за работой генов создаются линии мышей, у которых активация гена сочетается с синтезом флуоресцирующих белков. Это позволяет буквально «воочию» – с помощью оптических зондов или непосредственно через кожные покровы – наблюдать генетические процессы, обеспечивающие эмбриональное развитие, различные поведенческие, физиологические или патогенетические процессы.

Наконец, с помощью трансгеноза создаются так называемые *гуманизированные мыши*, у которых некоторые гены замещены генами человека. Этих животных используют для проверки эффективности воздействия лекарств на молекулярные мишени, которые в данном случае полностью являются «человеческими».

В случае генов, кодирующих иммуноглобулины, такая замена позволяет использовать иммунную систему мышей для получения терапевтических моноклональных антител человека (Jakobovits et al., 2007). Первыми такими иммуноглобулинами, которые прошли клинические испытания, стали антитела против интерлейкина-8. Их использовали для подавления иммунных процессов при обострении у больных псориазом. Причем принципиально важно, что ни у одного из пациентов не было выявлено аллергической реакции. В настоящее время стадию доклинических испытаний проходят более десяти вариантов произведенных с помощью мышей человеческих иммуноглобулинов, которые служат антителами против различных факторов роста злокачественных опухолей.

Общий рост годового поголовья лабораторных мышей в университетах и фармакологических фирмах Японии (*слева*) идет за счет трансгенных (включая нокаутные) линий, которые, в том числе, моделируют различные генетически детерминированные патологии человека. Судя по числу линий эмбриональных стволовых клеток с нокаутами по отдельным генам, находящихся в коллекции Международного консорциума «нокаутная мышь» (ИКМС) (*справа*), сейчас можно создавать генетические линии нокаутных мышей, которые будут охватывать свыше половины мышиного генома. *Данные на 15.05.2011*

### От гена до организма

Вот так мышиный генотип сегодня выступает сразу в трех ипостасях, являясь и объектом исследования, и его инструментом, и производственной мощностью в биотехнологическом цикле. Поэтому неудивительно, что по прогнозу журнала *Nature* (2004 г.) число генетических линий мышей достигнет 300 тысяч к 2025 г.

Современные технологические возможности, позволяющие адресно воздействовать на отдельные гены и оценивать их активность, создали условия для эффективного решения одной из интригующих задач системной биологии – построения так называемых *функциональных траекторий* от генов до адаптивных или патологических реакций целостного организма.

В решении этой задачи, наряду с геномными и протеомными исследованиями, большая роль отводится анализу морфологических, физиологических и поведенческих процессов, объединяемых понятием *фенотипирование*. Эта область получила в последние годы существенную методическую поддержку благодаря прогрессу в создании вышеупомянутых систем прижизненной регистрации флуоресцирующих агентов, в



Национальные Центры генетических ресурсов лабораторных животных объединены Международной (FIMRe) и Азиатской (AMMRA) ассоциациями. ЦКП «SPF-виварий» ИЦиГ СО РАН – первый подобный российский объект, ориентированный на вхождение в международное сообщество «мышеводов» и «мышеведов»

том числе и образующихся при активации отдельных генов, компьютеризации систем наблюдения за поведением животных, а также разработке миниатюрных имплантируемых детекторов вплоть до внедрения в мозг миниатюрной видеокамеры.

Особое место в списке инструментов прижизненного мониторинга занимают магнитно-резонансные томографы, применение которых позволяет контролировать морфологические и функциональные изменения разных систем организма, оценивать усвоение и выведение физиологически активных веществ и даже измерять содержание ряда продуктов обмена веществ (*метаболитов*) в любой точке живого животного.

Безудержный рост числа генетических линий, моделирующих различные свойства организма, в том числе и наследственные болезни, развитие технологий прижизненных исследований наряду с необходимостью стандартизации условий работы с лабораторными животными послужили предпосылками к формированию особых объектов научной инфраструктуры – *центров генетических ресурсов лабораторных животных*.

### Мышиные ресурсы

В развитых странах специализированные центры генетических ресурсов, призванные обеспечить фундаментальные и прикладные исследования на лабораторных животных, имеют национальный статус. Основу их составляют виварии, где животные, свободных от видоспецифических патогенов (SPF – *specific pathogen free*), содержатся в стерильных, строго стандартизированных по корму, воде и микроклимату условиях – это крайне важно для воспроизводимости результатов исследований, проводимых в разных лабораториях.

Значимость такой стандартизации возрастает при решении задач постгеномной биологии, поскольку для фенотипирования многочисленных генотипов, полу-

ченных генно-инженерными методами, приходится объединять усилия исследовательских лабораторий из разных стран. Кроме того, сохранение SPF-статуса является единственно возможным условием для выживания и размножения иммунодефицитных генотипов.

На международном уровне деятельность ресурсных центров координируют такие организации, как Федерация международных мышинных ресурсов (FIMRe) и Азиатская ассоциация ресурсов мутантных мышей (AMMRA), объединяющие свыше 25 центров из разных стран. Их суммарное генетическое разнообразие приближается к 30 тыс. мышинных генотипов.

Обмен генетическими линиями между центрами осуществляется двумя путями: традиционной отправкой племенного поголовья или пересылкой замороженных эмбрионов в специальных контейнерах с жидким азотом. Последнее вызвано тем, что поддержание в живом разведении даже существующих генетических линий чрезвычайно затратно. Поэтому в современных центрах генетических ресурсов создаются криобанки и лаборатории репродуктивных технологий, где проводится полный цикл работ: получение эмбрионов на ранних стадиях развития (2–8 клеток); их замораживание и хранение при температуре жидкого азота; размораживание и трансплантация суррогатным матерям для получения потомства и последующего разведения.

Как обстоят дела в нашей стране? Успешное продвижение вопроса о приеме России в ВТО влечет за собой ряд следствий, в том числе относящихся к исследованиям на лабораторных животных. В частности, все действующие в стране виварии должны быть приведены в соответствие с международными стандартами.

К настоящему времени в дополнение к имеющим международную аккредитацию питомнику лабораторных животных и лаборатории биологических испытаний Филиала Института биологической химии РАН (Пушино), построены и введены в эксплуатацию не-



ЦКП «SPF-виварий» ИЦиГ СО РАН – уникальный для России инфраструктурный объект, постоянно пополняемый сложным технологическим и научным оборудованием, – официально вступил в строй в 2009 г.



В течение первого года функционирования «SPF-вивария» были полностью освоены регламенты эксплуатации, испытаний и профилактического ремонта систем жизнеобеспечения и технологического оборудования. Оработана технология доставки животных с сохранением SPF-статуса. Для криоконсервации эмбрионов разных генотипов подобран оптимальный режим охлаждения (выход жизнеспособных зародышей достигает 80—100 %)

сколько вивариев, где лабораторные животные содержатся в SPF-условиях. Речь идет о вивариях ГНЦ Прикладной микробиологии и биотехнологии (Оболенск), Института физиологически активных веществ РАН (Черноголовка), Института эпидемиологии и микробиологии им. Н. Ф. Гамалеи РАМН, Московского государственного университета. Основная задача этих учреждений состоит в проведении доклинических испытаний лекарственных препаратов на широко распространенных линиях лабораторных животных, основным источником которых является Пушинский питомник, где поддерживается восемь линий мышей и четыре – крысы. В последние годы в этом питомнике появились первые трансгенные и нокаутные животные.

Вместе с тем в РФ до сих пор нет ни одного специализированного центра генетических коллекций лабораторных животных, который был бы ассоциирован международными федерациями FIMRe или AMMRA и получил бы свободный доступ ко всему мировому «богатству» модельных организмов. Все это существенно тормозит фундаментальные и инновационные исследования в самых передовых областях знания. Поэтому создание современного центра генетических ресурсов смело можно отнести к разряду сверхактуальных задач, без решения которых практически невозможно развивать конкурентоспособную отечественную науку.

На роль такого центра сегодня с полным правом может претендовать ЦКП «SPF-виварий» Института цитологии и генетики СО РАН, строительство которого было профинансировано Министерством экономического развития и который был сдан в эксплуатацию в 2009 г.

## В содружестве наук

В основе концепции строительства и технологического развития первого в Сибири и на Дальнем Востоке центра, отвечающего всем международным требованиям к работе с экспериментальными животными, лежит принцип мультифункциональности. Это позволяет совмещать фундаментальные исследования, связанные с фенотипическим изучением геномов, с прикладными работами в области биомедицины, фармакологии и нанобиобезопасности. Технические возможности центра позволяют обеспечить криохранение десятков тысяч генотипов, поддержание до ста племенных ядер мышей и крыс, а также проведение исследований в соответствии с требованиями «надлежащей лабораторной практики» (*good laboratory practice* – GLP) в сверхстерильных условиях барьерной зоны площадью 1400 м<sup>2</sup>.

Сегодня уже можно говорить о первом опыте работы и первых научных результатах, полученных в этой уникальной для России ресурсной и научно-исследовательской структуре.

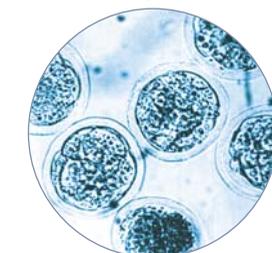
Уже в течение первого года функционирования «SPF-вивария» в нем получили «прописку» первые генетические линии мышей и крыс, включая два нокаутных генотипа. К концу 2010 г. удалось перевести в SPF-статус уникальную линию «ручных» крыс, полученных в ИЦиГ СО РАН на основе селекции от диких предков. Для этого был применен метод трансплантации эмбрионов стерильным суррогатным матерям. Успех этой работы

Репродуктивные технологии и криобанк – основные «ворота» для связи Центра генетических ресурсов с внешним миром. Последовательность действий включает: получение эмбрионов в стерильных условиях; перевод на криохранение; трансплантацию эмбрионов суррогатным матерям SPF-статуса. По такой технологической цепочке в 2010 г. в ЦКП «SPF-виварий» ИЦиГ СО РАН была переведена в SPF-статус уникальная линия «ручных» крыс сибирской селекции

Серая «ручная» крыса



Вымывание эмбрионов



КРИОБАНК



Пересадка эмбрионов суррогатной матери SPF-статуса

Лабораторная крыса линии Sprague-Dawley



Потомок серой «ручной» крысы, переведенный в SPF-статус

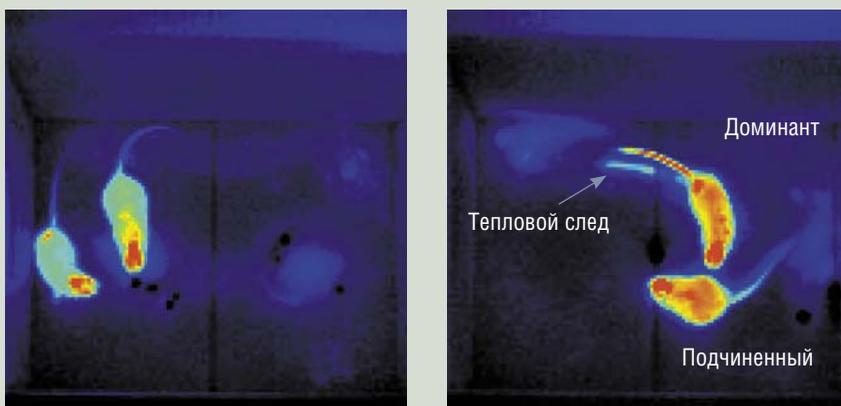
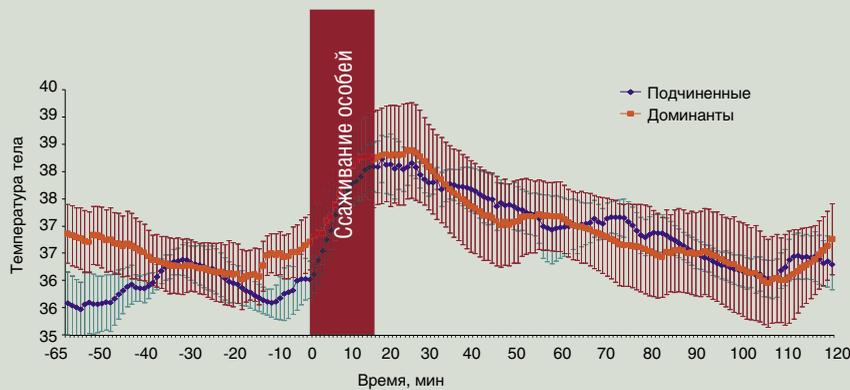
### ХВОСТ КАК ЗЕРКАЛО ДУШИ

Выдающийся британский физиолог Г. Баркрофт был поражен тем, как ярко проявляются индивидуальные особенности регуляции сосудистого тонуса в момент опасности: у жителей Лондона, спасавшихся в метро от авианалетов, лица либо краснели, либо бледнели. Такие внешние проявления эмоций не видны на лабораторных животных, но их можно заметить, регистрируя температуру хвоста.

Регистрация внутренней температуры и тепловых потоков с поверхности тела обогащает поведенческое тестирование, используемое в нейрофизиологических и фармакологических исследованиях, информацией о сосудистых реакциях особи на эмоционально значимые стимулы. Еще одной областью применения этих методов может служить контроль за развитием раковых опухолей, а также мониторинг очагов воспаления, например, во время испытаний новых кремов или аэрозолей.

Но для того чтобы приборы для регистрации температурных реакций стали привычными инструментами поведенческих и биомедицинских исследований, их необходимо адаптировать к условиям эксперимента. Только при проведении биологических испытаний можно разработать программное обеспечение для автоматической обработки регистрируемых сигналов и для их перевода в термины, понятные биологам.

Сегодня на базе ЦКП «SPF-виварий» ИЦиГ СО РАН имеются все условия для экспериментальной «доводки» оборудования и методов, разрабатываемых в институтах СО РАН, что может существенно расширить сферу применения приборов, первоначально предназначенных для решения сугубо специальных задач



Изучать температурные реакции животного в условиях свободного поведения позволяет тепловизор ТКВР-ИФП «СВИТ», разработанный в Институте физики полупроводников (слева). Общие изменения температуры тела можно регистрировать с помощью миниатюрного имплантируемого регистратора температуры (термохрона) в сочетании с устройством для считывания информации – совместной разработки Института систематики и экологии животных и Института цитологии и генетики (вверху)

Во время социального конфликта самцы звуковыми и химическими сигналами, жестами и прямыми нападениями «объясняют» друг другу, «кто есть кто». Сосудистую реакцию на ссаживание удалось изучить путем измерения температуры терморегуляторного «ядра» мышечного тела с одновременным тепловизионным мониторингом распределения температур на его поверхности. Оказалось, что общий разогрев тела практически не зависел от ранга самца. Однако у самца высокого поведенческого ранга во время атаки заметно повышается температура хвоста – тепловизор зарегистрировал даже «горячий» тепловой след от хвоста доминантной особи (внизу справа)

доказал готовность комплекса по криоархивированию к сотрудничеству с мировыми центрами генетических ресурсов.

После отладки уникального магнитно-резонансного томографа на базе «SPF-вивария» совместно с Международным томографическим центром СО РАН был сформирован межинститутский сектор томографии. Уже в первый год работы вивария здесь было исследовано свыше 300 различных лабораторных животных. В результате были получены детальные морфологические описания структур мозга у генетических линий мышей и крыс, моделирующих такие социальные значимые патологии, как гипертония, преждевременное старение, нарушения психики. Доступность МРТ-томографии на животных позволила сотрудникам МТЦ и других институтов физического и химического профиля ускорить проверку новых технологий, включая испытания оригинальных контрастирующих агентов.

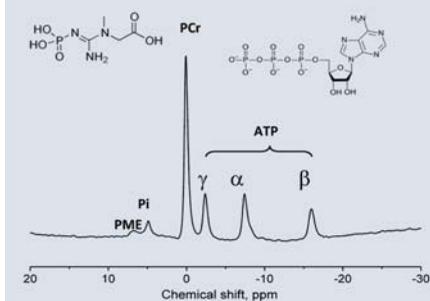
Эффективность сотрудничества профессиональных физиков, химиков, биологов и математиков отчетливо проявилась и в быстром освоении самых передовых томографических методов. В частности, на основе функциональной томографии получены первые данные о пространственном распределении в мышечном мозге зон, проявляющих активность в ответ на социально значимые стимулы. Методом прижизненной ЯМР-спектроскопии начато изучение метаболомных профилей головного мозга у животных разных генетических линий, в том числе при испытании препаратов лечебного и профилактического действия.

Первой крупной научной задачей, выполненной совместно сотрудниками семи новосибирских академических институтов на базе ЦКП «SPF-виварий», стала оценка биобезопасности наноматериалов. Впервые в России эти работы были проведены в полном соответствии с международным GLP-стандартом. Исследования потребовали предварительной подготовки: был создан инструментарий для измерений размеров и формы наноматериалов, а также устройства для воздействия на животных аэрозолями, содержащими наночастицы двуоксида кремния («Таркосил 25»).

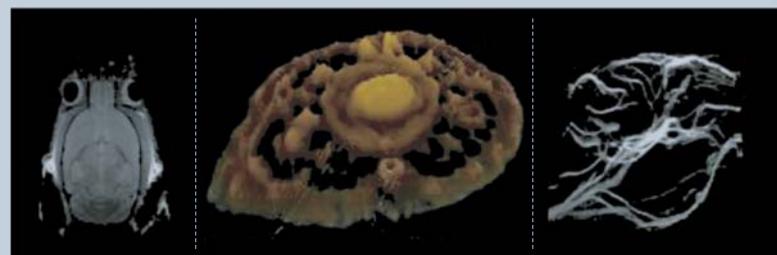
Методом МРТ были получены объемные изображения легких, позволяющие количественно оценить распределение в них наночастиц. Исследование комплексной иммунофизиологической реакции мышей на поступление в верхние дыхательные пути нанопорошка показало, что реакция легочного иммунитета наблюдается только при введении частиц размером менее 100 нм, и только у генетической линии мышей с преобладанием так называемого гуморального типа иммунного реагирования. Установление фактов генотип-зависимых эффектов наноаэрозолей может иметь значение для разработки критериев профессионального отбора людей, занятых на производстве наноматериалов.



Установка и отладка 9-тионного уникального магнитно-резонансного томографа BioSpec 117/16 (Bruker, Германия) была непростым делом. В настоящее время в России имеются лишь три научных центра, оснащенных подобными сверхвысокопольными томографами: в Москве, Владивостоке и в Новосибирске, при этом последний самый мощный (7 Тл, 7 Тл и 11,7 Тл, соответственно). Сегодня в межинститутском секторе томографии лабораторных животных ИЦиГ СО РАН и МТЦ СО РАН, созданном на базе ЦКП «SPF-виварий», проводят морфофункциональные и методические исследования специалисты ряда академических институтов



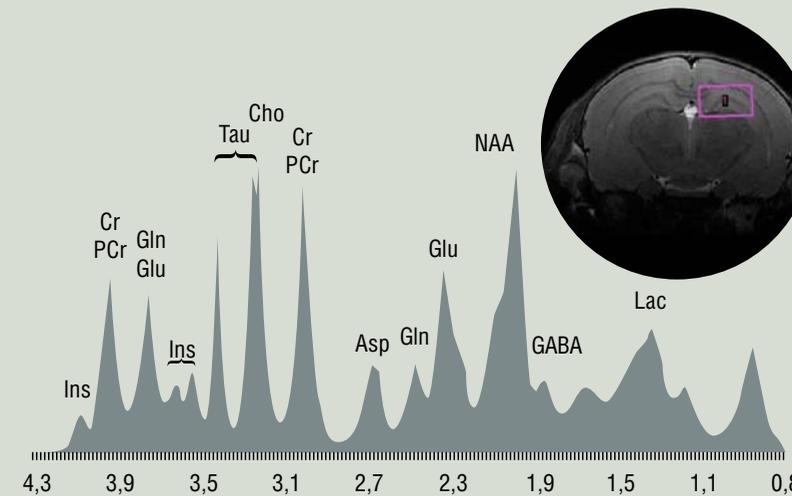
PME – фосфомоноэфир  
 Pi – неорганический фосфат  
 PCr – креатинфосфат  
 ATP – аденозинтрифосфорная кислота



Продольный срез головного мозга лабораторной мыши

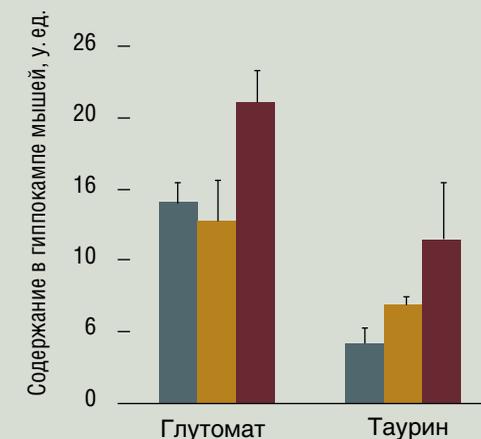
Объемное изображение межпозвоночного диска хвостового позвонка крысы

Сосуды головного мозга лабораторной мыши



Примером неинвазивной метаболомики служит выполненный на базе ЦКП «SPF-виварий» ИЦиГ СО РАН междисциплинарный проект по изучению метаболитических профилей мозга лабораторных мышей, которым вводили разные дозы палеобактерий в качестве возможного гетеропротектора.

С помощью протонной ЯМР-спектроскопии в гиппокампе подопытных мышей было идентифицировано 14 видов органических молекул. Судя по результатам, введение палеобактерий задерживало развитие метаболомных признаков старения, в том числе характерное для него снижение концентраций аминокислот глутамата и таурина



■ контрольная группа  
 ■ введение палеобактерий в дозе  $5 \times 10^3$   
 ■ введение палеобактерий в дозе  $5 \times 10^5$

#### РУКАМИ НЕ ТРОГАТЬ!

Геномика, транскриптомика, протеомика, метаболомика, феномика – эти неологизмы современной биологии обозначают вехи на пути, по которому генетические «замыслы» приобретают реальное фенотипическое воплощение. Метаболомика – предпоследняя по списку, но не по важности, изучает метаболиты, совокупность всех промежуточных и конечных продуктов обмена веществ в клетке, ткани, органе или организме. Количественное измерение отдельных соединений и целых композиций характеризует обменные процессы в живых структурах, а также отражает состояние их «среды обитания».

Методы ЯМР-спектроскопии позволяют изучать содержание метаболитов в любой точке организма безо всякого ущерба для него самого. Есть только два ограничения: точка должна быть неподвижной в течение нескольких минут (при регулярных дыхательных колебаниях возможна виртуальная фиксация анализируемой области), а ее размеры должны быть не менее 8 мм<sup>3</sup>. Наиболее удобным и интересным объектом является головной мозг.

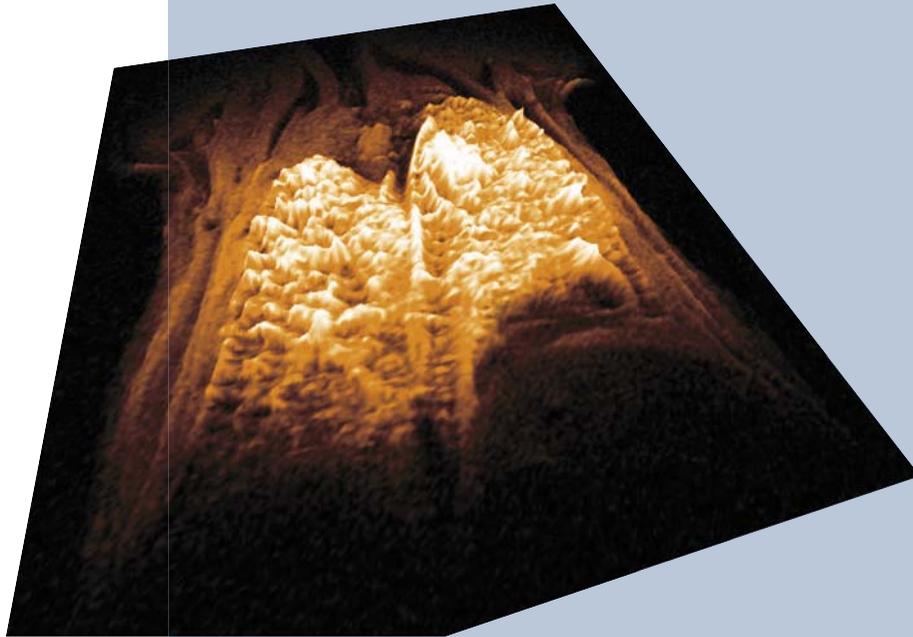
Технология протонной и фосфорной ЯМР-спектроскопии освоена в межинститутском секторе томографии лабораторных животных МТЦ СО РАН и ИЦиГ СО РАН. Менее чем за полгода выполнен ряд исследований, показавших хорошие перспективы прижизненной спектроскопии для изучения нейробиохимических основ изменчивости поведения животных.

Другой источник неинвазивной метаболомной информации – низкомолекулярные органические соединения, содержащиеся в выделениях организма. Они эффективно детектируются с помощью хроматографических и хромато-масс-спектрометрических методов, однако качественное разделение сложных химических смесей обычно требует длительного времени.

Преодолеть пропасть между биологическим изучением запахов и расшифровкой их химической природы помогло создание портативных высокопроизводительных поликапиллярных хроматографов, таких как разработанный в ИНГГ СО РАН хроматограф ЭХО-В-ФИД. С его помощью удалось исследовать паровую фазу образцов мочи контрольных и антигенстимулированных самцов мышей и идентифицировать хроматографический пик, отвечающий на активацию иммунной системы. Одновременно в образцах были идентифицированы соединения, уровень которых коррелирует с репродуктивным статусом самцов.

Пока среди методических подходов, привлекаемых к описанию новых генотипов лабораторных животных, неинвазивная метаболомика занимает скромное место. Но ее значение будет возрастать в связи с развитием и снижением стоимости аналитических технологий. К тому же обнаруженные таким способом диагностически значимые закономерности могут напрямую использоваться в медицинской и ветеринарной диагностике

Объемное изображение интенсивности томографического сигнала от легких мыши, вдыхавшей аэрозоль с наночастицами оксида железа. Темные области соответствуют районам максимального накопления наночастиц. Реконструкция на основе около 5000 измерений интенсивности сигнала



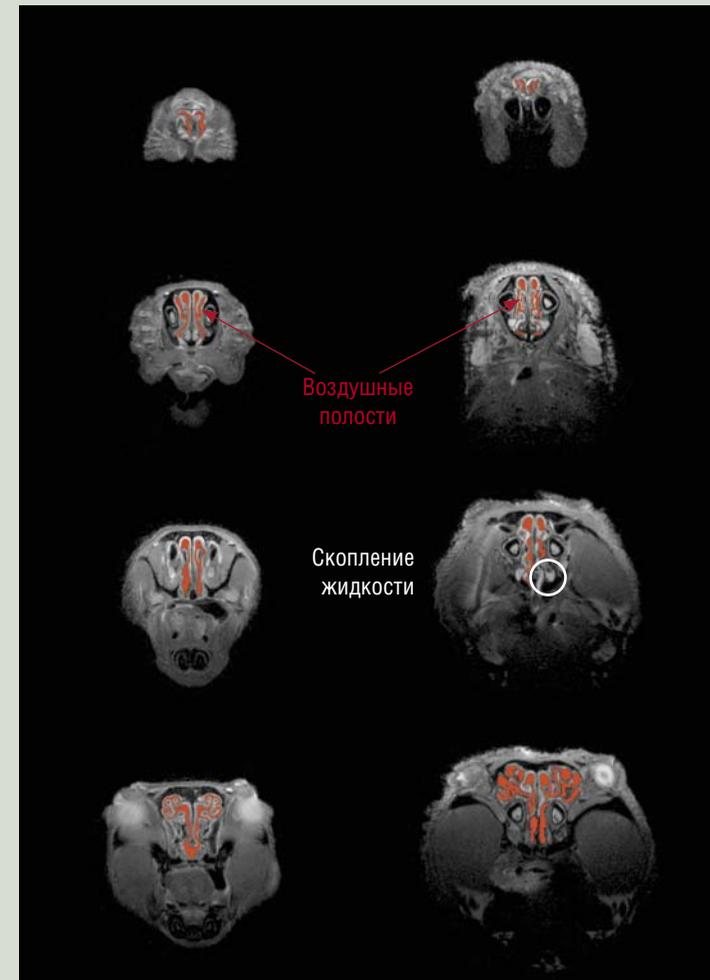
НОС ШАХТЕРА

Нос выполняет ряд жизненно важных функций. Он снижает градиент температуры между атмосферой и легочными альвеолами и частично фильтрует вдыхаемый воздух, а также служит для размещения и стабилизации работы хеморецепторов. Аэродинамические модели, построенные в ИТПМ СО РАН, показали, что в носовых ходах человека образуются сложные вихревые потоки, которые влияют и на траектории движения аэрозолей.

Однако нос человека – один из самых просто устроенных. Нос мыши насыщен разнообразными обонятельными рецепторами. Судя по послойным ЯМР-изображениям носовых ходов лабораторной мыши, их причудливая геометрия предполагает гораздо большую сложность в организации воздушных потоков по сравнению с человеческими.

Еще сложнее устроен нос у обыкновенной слепушонки, небольшого грызуна, прокладывающего многочисленные подземные тоннели в поисках корма – корневищ растений. Затраты энергии повышаются во время рытья в 2–3 раза, соответственно возрастает интенсивность дыхания и вероятность попадания пыли в легкие. Томография носа слепушонки показала две интересные особенности: площадь поперечного сечения носовой полости в области максимального расширения в 20 раз превышает входную, что существенно больше, чем у мыши; в нижних отделах носовых ходов находятся скопления жидкости, отсутствующие у мышей и других наземных млекопитающих.

Сложная форма носовых ходов и наличие в них жидкости позволяет сравнить нос слепушонки с пылесосом с водяным фильтром. Эффективность такой защиты покажут аэродинамической модели, а также содержание животных в атмосфере с пылевыми частицами, в том числе наноаэрозолями. Более детальное изучение вида, специализированного для жизни в запыленной среде, может внести вклад в разработку новых методов защиты респираторной системы человека от воздействия частиц разных размеров. В решение этой задачи сегодня включаются специалисты четырех институтов СО РАН. Отрадно, что поводом для интеграции служат не только уникальные научные технологии и инструменты, но и уникальные животные-обитатели сибирского региона



Воздушные полости

Скопление жидкости

Лабораторная мышь

Обыкновенная слепушонка

МРТ-изображения аксиальных «срезов» носовых ходов лабораторной мыши и обыкновенной слепушонки были получены с помощью магнитно-резонансного томографа «BioSpec 117/16» сотрудниками межинститутского сектора томографии лабораторных животных МТЦ СО РАН и ИЦиГ СО РАН

Расшифровка геномов человека и близких к нему видов животных революционизировала весь комплекс исследований генетического разнообразия млекопитающих. Возможности современных биотехнологий вывели в разряд важнейших ресурсов постгеномной биологии лабораторных животных, что наглядно иллюстрирует экспоненциальный рост числа научных статей, написанных по результатам изучения трансгенных животных. Так, только за последние 2,5 года число публикаций с ключевым словом «transgenic mouse» выросло более чем на 30 тысяч!

Необходимость в накоплении конкретных знаний о реализации генетической информации диктуется не только невообразимой сложностью живых организмов, но и отсутствием «типовых конструкций» в рамках каждого биологического вида, включая человека. Поэтому в биомедицинские исследования, ориентированные на поиск методов лечения «больных, а не болезней», привлекается все большее число разнообразных живых генетических «моделей».

Одним из стимулов для создания последних служит стремительное накопление информации об ассоциациях «ген-патология». Возможность изучать животных с генотипом, точно отвечающим запросу исследователя, задает новый вектор биологических исследований, диктующий необходимость в интеграции интеллектуальных усилий ученых разного профиля, а также финансовых вложений разных стран.

В редакционной статье «Мышиная меганаука», опубликованной в престижном журнале *Nature* (2010, 3 June), исследования генетического разнообразия лабораторных животных были сопоставлены по масшта-

бам и значимости с мегапроектом Большого адронного коллайдера. Биологов призывают объединиться для просветительского давления на политиков с целью перенаправления финансовых потоков в область социально значимой научной активности, направленной на изучение фундаментальных основ здоровья человека.

России для полноценного взаимодействия с мировой наукой в этой области необходимо иметь хотя бы один центр генетических ресурсов, отвечающий международным требованиям. И такой центр сегодня формируется в Сибирском отделении РАН на базе ЦКП «SPF-виварий» ИЦиГ СО РАН. В работе нового центра заинтересованы многие академические институты, а также классические, медицинские и сельскохозяйственные университеты и возрождающееся фармацевтическое производство.

Поскольку частоты генов, ассоциированных с болезнью, и сам характер этих ассоциаций могут иметь этнические особенности, создание условий для развития научных основ персонализированной медицины должно входить в разряд национальных приоритетов. И в первую очередь это должно относиться к центрам генетических ресурсов, поскольку они являются неотъемлемым элементом научно-технологического комплекса, призванного решать одну из главных задач государства – поддержание здоровья нации.

*Литература*  
Мошкин М.П. ПОСТГЕНОМНАЯ ЭРА или Зачем нужны 300 тысяч линий мышей // НАУКА из первых рук, 2008. № 4 (22). С. 16–53

А. В. КОПТЮГ, Е. В. МАМОНТОВ, Ю. Г. СУХОВЕЙ



# НА ПУТИ К ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЙ МЕДИЦИНЕ

*Проблемы лекарственной  
терапии онкозаболеваний*



КОПТЮГ Андрей Валентинович – кандидат физико-математических наук, доцент Института технологий и устойчивого развития Университета Центральной Швеции (Остерзунд). Автор и соавтор более 50 научных работ и 4 патентов



МАМОНТОВ Евгений Викторович – кандидат физико-математических наук, доцент Чалмершского Технологического университета (Гетеборг), директор по науке компании «Insightasy» (Швеция). Автор и соавтор более 70 научных работ и 1 патента



СУХОВЕЙ Юрий Геннадьевич – доктор медицинских наук, главный научный сотрудник Тюменского научного центра СО РАН, директор Тюменского филиала ГУ НИИ Клинической иммунологии СО РАМН. Автор и соавтор более 200 научных работ и 6 патентов

*Функция врача сводится к тому, чтобы подогнать человека под определенный шаблон-диагноз, а затем выдать ему соответствующие таблетки*  
В. В. Синельников, «Возлюби болезнь свою»

*В конце прошлого года практически все новостные ресурсы мира обошли сенсационные заголовки типа «Таблетка аспирина в день – и вы не болеете раком!». Поводом к ним послужили результаты серии исследований, опубликованные в журнале «Ланцет», согласно которым регулярный прием малых доз аспирина уменьшает вероятность риска умереть от рака прямой кишки. Именно эта новость заставила авторов незамедлительно взяться за перо, чтобы познакомить читателей с проблемами и методами персонализации терапевтического лечения рака – одной из самых пугающих и распространенных болезней современности*

*Ключевые слова:* рак, лекарственная терапия, статистический подход, персонализированная медицина.  
*Key words:* cancer, drug therapy, statistical approach, personalized medicine

Сегодня едва ли найдется человек, в той или иной мере не знакомый с проблемами рака. Вместе с тем средства массовой информации своими материалами о новейших достижениях в борьбе с этой «чумой современности» создают впечатление, что болезнь почти побеждена. В крайнем случае, что до полной победы осталось совсем немного. К сожалению, эти представления далеки от действительности.

Чтобы количественно оценить масштабы бедствия под названием «рак», обратимся к статистике, например, к материалам Европейского проекта «Современная борьба с раком», опубликованным в 2008 г. (Coleman et al., 2008), и к июльскому номеру журнала «The European Journal of Cancer» за 2009 г., целиком посвященному результатам европейской программы EURO-CARE-4. В этих работах представлены данные о результатах лечения онкологических больных более чем в трехстах организациях-участниках программы.

По прогнозам экспертов, на тот момент в странах Евросоюза ожидалось появление более трех миллионов новых случаев заболевания раком в год, причем эта цифра с течением времени должна только увеличиваться. По оценкам участников проекта, около двух миллионов человек в Евросоюзе умирают в год от рака или его последствий. Причем в Европе, численность населения которой составляет не более одной восьмой от численности мировой популяции, регистрируется около четверти всех случаев онкологических заболеваний.

Какова же ситуация с излечением? За последние десять лет число излеченных больных увеличилось в Евросоюзе всего на 2–7 % (в зависимости от типа рака, локализации и т. д.). Используя все современные медицинские достижения, за эти десять лет удалось «добавить» пациентам в среднем лишь 6–18 недель жизни (средняя продолжительность жизни онкологи-



Несмотря на все усилия современной медицины, успехи, достигнутые в лечении онкологических заболеваний, не так уж велики. Об этом свидетельствует и европейская динамика относительного показателя уровня выживаемости – доли взрослых онкологических больных, проживших не менее 5 (10) лет после диагностирования заболевания.  
По: (Coleman et al., 2008)

ческого пациента в Евросоюзе составляет от 0,8–2,4 лет в зависимости от типа заболевания). И это в финансово благополучной Европе!

Впрочем, деньги здесь помогают мало. Например, Швейцария тратит на медицину в пересчете на каждого жителя примерно в десять раз больше, чем Польша. Однако соответствующая разница в числе онкологических больных, проживших 5 и более лет с момента диагностики, составляет всего 15–20 %.

Разумеется, есть и успехи. Однако, согласно упомянутым исследованиям, почти все они связаны с превентивными мерами и мерами, направленными на раннюю диагностику (в частности, речь идет о широких программах скрининга населения), а вовсе не с прогрессом в лекарственной терапии. Вместе с тем, число новых методик лечения рака и новых противораковых препаратов растет взрывным образом. Уже в 2007 г. мировые расходы на противораковые препараты оценивались в 31 млрд долл. (почти 60 % из них составили расходы США). Если современные тенденции роста сохранятся, к 2027 г. эти расходы увеличатся в десять раз.

В чем же все-таки дело? Почему прогресс в лечении рака столь незначителен по сравнению с масштабом используемых ресурсов? Многие специалисты сейчас считают, что нынешние подходы к терапии онкологических заболеваний малоэффективны, и нужно разрабатывать новые. Как сказал один из пожилых практикующих врачей: «А что вы хотите? Лечение рака по-прежнему находится на уровне каменного века: мы травим пациентов сильнодействующими ядами и рассчитываем, что болезнь умрет первой».

### Дьявол сидит в деталях

В чем же состоит основная проблема и что можно предложить взамен существующих методов терапии рака? Представим себе современного терапевта, к которому поступил на лечение больной с подтвержденным онкологическим диагнозом. Что имеется сегодня в

«арсенале» врача? Во-первых, хирургическое вмешательство, по-прежнему являющееся наиболее эффективным методом лечения онкологических заболеваний. Во-вторых, – терапевтические методы, на которых мы и остановимся.

Здесь имеется всего три основных «инструмента»: химические препараты, лучевая терапия (лечение радиационным излучением) и радиоактивные препараты. И в дополнение к ним – накопленный ранее опыт лечения онкологических больных.

Среди используемых сегодня химических веществ доминируют препараты химиотерапии – так называемые цитотоксики, вызывающие необратимые повреждения и смерть клеток. Но имеется множество препаратов и с другими способами воздействия. Что касается радиотерапии, то наиболее распространено лечение радиационным излучением. Наряду с этим набирает силу терапия с использованием радионуклидных препаратов, содержащих радиоактивные изотопы.

Развиваются также другие методы, например, так называемая фотодинамическая терапия, при которой введенный в ткани нейтральный препарат затем «активируется» световым (лазерным) излучением. Однако по способу воздействия этот метод является вариантом химиотерапии.

Все перечисленные терапевтические «инструменты» разработаны для некоторого «среднестатистического» пациента, но ведь на приеме у нашего врача – конкретный человек! Чем же будет руководствоваться специалист, выбирая тот или иной способ лечения?

Результаты клинических испытаний всех медицинских препаратов, допущенных к применению, обрабатываются статистически, насчет чего существуют строгие инструкции. Апробируются они на группах больных с «одинаковым диагнозом». И препарат поступает к врачам с заданной схемой применения, куда входят противопоказания, дозировки и т. д.

Итак, лекарство работает на группе схожих медицинских случаев, его и применяем – в чем проблема?



Дьявол, как известно, сидит в деталях.

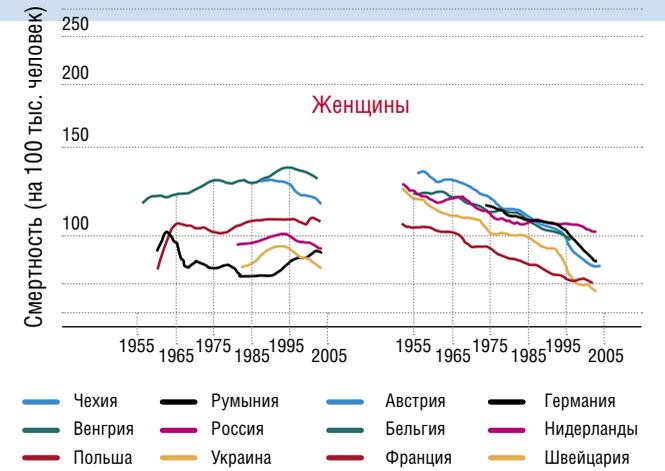
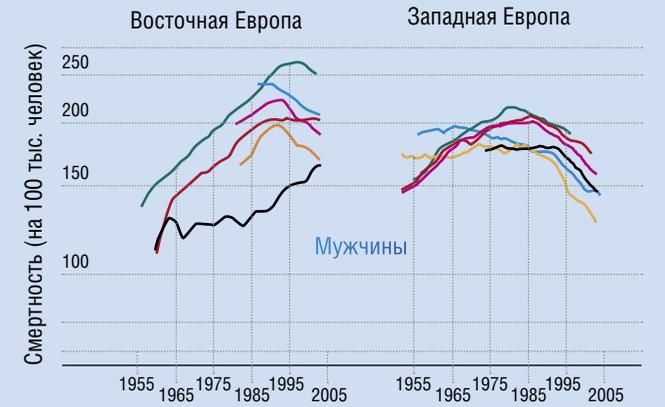
Если выбранное лекарство утверждено к применению, то это означает лишь, что при его приеме у значительной доли пациентов примерно (статистически!) с одинаковым диагнозом наблюдался прогресс при лечении заболевания. Статистический подход не позволяет учитывать никаких особенностей конкретного случая. Для статистики каждый больной – лишь один из многих, просто «набор» средних параметров.

Но это не самый главный недостаток статистического подхода. Подобные методы не допускают вопросов «почему?» Например, почему в «статистически однородной группе» при лечении данным препаратом у части больных был значительный положительный эффект, у некоторых – небольшой, а у остальных его и вовсе не было? Отсутствие ответов на подобные вопросы, а в еще большей степени – отсутствие самой постановки таких вопросов, не позволяет ожидать увеличения эффективности применения уже существующих медицинских препаратов. И в какой-то мере принуждает к разработке новых лекарств, которая, естественно, будет происходить также в рамках устоявшейся концепции среднестатистического пациента.

### Одно для всех, или уникальное – каждому

Допустим, что в некотором царстве, в некотором государстве одна отдельно взятая компания решила наладить производство туфель для местного женского населения. Причем туфель универсальных, а именно таких, которые бы смогло надеть большинство.

Универсальные туфли производить легко, да и существенно дешевле. Прослушав радиопередачу о среднем

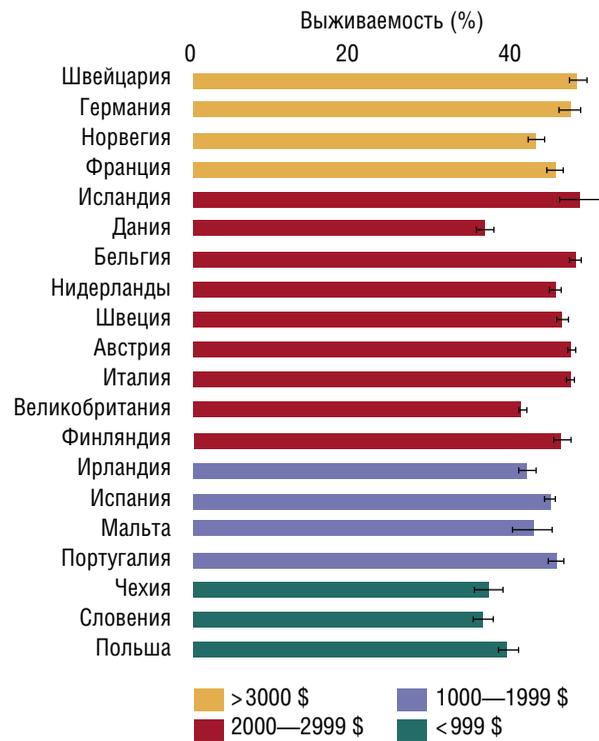


Смертность от онкологических заболеваний зависит от пола и различается в разных странах Европы, хотя имеются и общие тенденции. Практически во всех европейских странах смертность от раковых заболеваний перестала расти и стабильно уменьшается.  
По: (Coleman et al., 2008)

жителя, менеджмент компании возликовал: это ж как просто! «Средняя» женщина носит 38-й, но лучше взять с запасом – допустим, 39-й. Или, чтоб совсем надежно, – 40-й!

Сказано – сделано. Выпустили опытную партию туфель 40-го размера – и давай проверять. Взяли группу из сотни дам всех возрастов (хотели 200 для надежности статистики, но сошлись на 100, чтобы сэкономить средства). В результате примерки оказалось, что туфли смогли надеть аж 75 дам! Статистически – результат блестящий. Правда, некоторым туфли слегка жали, а у многих на ногу болтались. А кому-то и вовсе не повезло – туфли на ногу не налезли. Но ничего, для них в следующий раз другая компания что-нибудь выпустит!

Подобный подход к производству обуви любому покажется абсурдным. А вот по сути идентичный подход к производству лекарств от рака почему-то никого



Проблема рака одинаково актуальна для стран с разным финансовым «благополучием». Вверху – структура выживаемости онкологических больных мужского пола (5-летняя выживаемость) в европейских странах, сгруппированных по размерам расходов на здравоохранение на душу населения. По: (Coleman et al., 2008)

не удивляет. Более того, в этой области вновь и вновь пытаются создать универсальное лекарство «одно для всех». При этом всякий раз удивление вызывает лишь то, что панацеи вновь не получилось.

...Вторая сказочная компания, учтя опыт первой, резонно рассудила: много женского населения осталось не охвачено. И предложила другой подход – «уникальное для каждого». Иначе говоря, каждой даме шить туфли, которые будут абсолютно точно соответствовать – причем отдельно – каждой ноге. Подход гораздо более прогрессивный, беда лишь в том, что долго и дорого. Настолько дорого, что лишь немногие смогут это себе позволить, и охватить всех, как планировалось, в обозримом будущем вряд ли удастся.

В контексте нашего обсуждения такая стратегия хорошо соответствует модели генетической индивидуализации лекарств, когда они не только подбираются, но и изготавливаются индивидуально для каждого больного. Пока этим способом не удастся удовлетворить потребности даже минимального числа нуждающихся.

По словам авторитетного эксперта в этих вопросах, координатора международного проекта «Геном человека» Э. Ландера, «идеальный вариант персонализированной медицины, о котором авторы проекта „Геном“ мечтали 15 лет назад, пока хорошо работает лишь в презентациях, исследовательских проектах и заявках на гранты».

...Третья сказочная компания решила использовать так называемую «стратификацию» (предварительную разбивку на группы). То есть производить обувь ограниченного числа размеров (допустим, 35, 38 и 44). И не продавать покупателю пару, которая заведомо ему не подойдет, для чего выпускать еще и соответствующие «экспресс-тесты» – картонные стельки четырех размеров. Если нога покупателя будет соответствовать стельке – получи обновку! Если нет – просьба не беспокоить, есть другие магазины.

Такая «примерка» кажется не менее абсурдной, чем ситуация с первой фирмой. Однако идея «стратификации» в терапевтическом лечении рака, которая фактически заключается в подборе больного под определенное лекарство, на сегодня считается одной из наиболее перспективных. Но если идею «стратификации» довести до логического конца, мы должны получить «туфельку для Золушки», т.е. уникальную туфельку для единственной девушки. Однако современная медицина – не принц из сказки: она вынуждена работать в условиях ограниченных ресурсов и, что особенно важно в случае с онкологическими больными, при острой нехватке времени.

Таким образом, все рассмотренные нами стратегии в современных условиях не обеспечивают оптимальную лекарственную терапию. Есть ли приемлемая альтернатива? Обратимся снова к «туфельной» аналогии. Допустим, вы – в магазине, где очень много разной обуви, но при этом размера своей ноги не знаете и примерить обувь не можете. Как вы поступите? Попросите продавца дать (без примерки!) наиболее подходящую пару. Опытный продавец, оценив возраст, сложение и измерив длину ноги, обязательно предложит соответствующую, по его мнению, пару. Но, конечно, он не сможет точно определить, хорошо ли туфли будут сидеть на ноге.

Интересно, что эта ситуация почти в точности повторяет ту, в которой находится современный онколог. Для каждого больного врач на основании некоторых тестов и опыта (как своего собственного, так и своих коллег) из огромного числа существующих лекарств должен выбрать одно. Причем нужно дать прогноз, как оно будет на данного больного действовать, а возможности для «примерки» нет. И лекарство – это не туфли: если оно не подействует, это будет означать дальнейший прогресс болезни, и повторные «попытки» могут оказаться бесполезными из-за упущенного времени.

В 2010 г. мировые продажи противораковых препаратов достигли 64 млрд долл. с годовым приростом в 12 %. Это произошло благодаря повышению расходов на новые технологии и раннюю диагностику, а также из-за общего роста числа больных. К 2015 г. расходы на лечение онкозаболеваний должны превысить 80 млрд долл., причем более половины трат придется на долю США, численность населения которых не превышает 5 % от мировой.

По: (Coleman et al., 2008)

### Не «что», а «как»!

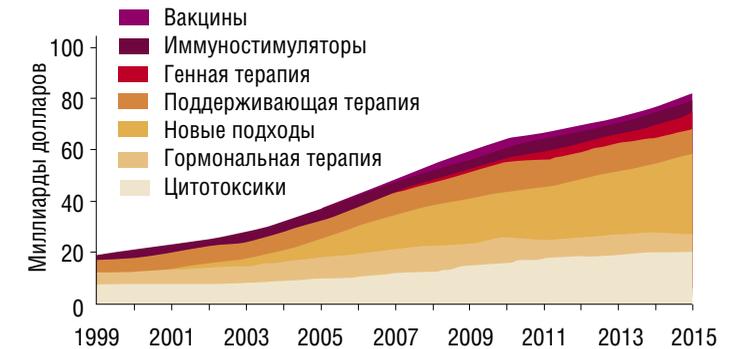
Итак, многие специалисты пришли к выводу, что статистический подход к лекарственной терапии опухолей нужно менять на персонализированный. Здесь есть три возможных решения, которые обсуждались выше: персонализировать лекарства (то есть изготавливать его индивидуально для каждого случая), персонализировать схемы применения уже существующих лекарств, или то и другое вместе.

Пока не ясно, как можно поставить «на поток» разработку и производство противоопухолевых лекарств индивидуально для каждого пациента. Поэтому в настоящее время наиболее приемлемым считается вышеупомянутый промежуточный подход «стратификации» (Jørgensen, 2008). В его рамках предлагается проводить экспресс-тесты, помогающие определить, будет ли выбранное лекарство эффективно для конкретного пациента. Имеющиеся на сегодня экспресс-тестовые системы не слишком дороги и просты в практическом использовании, но, к сожалению, они не всегда адекватны и существуют пока лишь для малой доли лекарств и небольшого числа типов опухолей.

Поэтому было бы весьма разумным персонализировать схемы применения уже известных и широко используемых онкологических препаратов. Ведь даже в рамках утвержденных схем их применения имеется широкое «поле для маневра». Поэтому здесь можно добиться хороших результатов с гораздо меньшими затратами, чем при разработке новых лекарств.

А затраты, связанные с лечением онкологических пациентов, уже начинают доминировать при выборе способа лечения. И, судя по всему, во многих европейских государствах системы здравоохранения намерены сдерживать растущие расходы. Во многих случаях, государственная система здравоохранения уже соглашается оплачивать только «эффективно действующие лекарства» (pay for performance). Подобные схемы начинают действовать в английской национальной системе здравоохранения, а швейцарская по закону оплачивает только признанные эффективными методы лечения.

К сожалению, ситуация с терапией онкологических заболеваний в Европе за последние годы во многом



ухудшилась благодаря введению в Евросоюзе более строгих регуляторных механизмов сертификации новых медицинских препаратов и методов лечения. Затраты на клинические испытания резко выросли, что привело к заметному уменьшению объема медицинских исследований, и в конечном счете – к росту цен на новые лекарства. Что касается результатов этих мер, то нобелевский лауреат по физике А. Гейм так сказал об этой проблеме на церемонии награждения в Стокгольме: «...как вы думаете, сколько экспериментов, за которые были получены Нобелевские премии, могло быть остановлено, если бы этические нормы или правила здравоохранения и безопасности были такими же суровыми, какими они являются сейчас? Я думаю, много».

И вот тут самое время снова вспомнить об аспирине, прием которого «уменьшает вероятность риска умереть от рака». Почему этот факт вызвал такой значительный интерес, несмотря на то, что положительный эффект использования противовоспалительных лекарств при опухолевых заболеваниях известен довольно давно? Не потому ли, что на фоне небольшого прогресса в лечении рака доступность лекарств становится острой социальной





проблемой? И людям, как всегда, хочется верить в чудо. Следует признать, что рациональное зерно в этом имеется. Похоже, что назрела необходимость пересмотреть наше отношение к лекарствам, когда мы неосознанно больше доверяем модным, дорогостоящим препаратам. Похоже, стоит приложить больше усилий к тому, чтобы повысить эффективность применения уже существующих, хорошо известных лекарств.

### Проблема «среднего»

И вот теперь пора обсудить проблему «среднего пациента». В этом смысле показательным примером служит температура тела, которую используют как общий показатель здоровья. Все знают, что нормальная температура тела (т.е. у здорового среднестатистического взрослого человека) равна 36,6 °С. Но само ее отклонение от нормы ничего не скажет о том, чем болен человек и как его лечить.

Что касается противоопухолевой лекарственной терапии, то сегодня все больше специалистов приходят к выводу о необходимости ухода от «среднего» и учета индивидуальных особенностей пациента и конкретного клинического случая. Оснований для этого предостаточно. Сейчас доказано, что к развитию онкологических заболеваний могут приводить, например, определенные нарушения в питании. Важными факторами канцерогенеза также являются хронический психологический стресс, низкий уровень физических нагрузок, даже смена сезонов (Basso et al., 1992).

С другой стороны, известны многочисленные случаи, когда прогресс в состоянии онкологических пациентов был достигнут с помощью траволечения, гипноза или других немедикаментозных средств. Правда, эти случаи часто не поддаются традиционной научной аргументации.

К сожалению, врачам до сих пор приходится пользоваться тем, что есть в наличии, то есть препаратами

и методами, разработанными для гипотетического «среднестатистического» пациента, само существование которого вовсе не очевидно. То есть как бы полагаться на пресловутую «среднюю температуру по палате».

Вообще говоря, обсуждаемый статистический подход можно было бы, хоть и с некоторыми оговорками, принять, если бы не отягощающие обстоятельства. Во-первых, современная концепция разработки новых лекарств также строится на статистическом подходе. И каждый конкретный пациент рассматривается как некоторая реализация воображаемого пациента, для которого и было разработано лекарство, своего рода «отклонение» от «средней нормы».

Второе – наличие существенной зависимости от времени. Наш «пациент вообще» сегодня не такой, как вчера; до применения лекарства не такой, как после его применения и т.д. В реальности мы имеем дело не со случайной величиной, а со случайным процессом. И применение математического аппарата, разработанного для случайных величин и подразумевающего независимость конкретных реализаций от времени, к случайному процессу является неуместным.

Здесь можно ожидать град возражений, сводящихся к утверждению: «поскольку других подходов нет, то и существующие хороши». Позволим себе не согласиться с обеими частями утверждения. Во-первых, как будет сказано ниже, другой подход есть. Во-вторых, если не стремиться к улучшению ситуации целенаправленно, оно не наступит никогда. А современная критическая ситуация требует принятия немедленных мер. К тому же нет нужды отказываться от методов, уже доказавших свою эффективность, – в онкологии заметных результатов можно добиться только с применением всех работающих методов.

Ситуация с ориентацией на «среднего» усложняется тем, что подобный статистический подход доминирует и при апробации лекарственных препаратов, включающей испытания на лабораторных животных. Более

того, бытует мнение, что специальные линии лабораторных животных, используемые для биохимических и медицинских экспериментов, состоят из «полностью идентичных» особей – если не клонов, то близких, как однойцевые близнецы.

Поэтому предполагается, что раковые опухоли, «привитые» таким животным одновременно и стандартным образом, будут также развиваться одинаково. Однако прямые эксперименты на лабораторных мышах опровергают эту гипотезу об одинаковости. У разных особей наблюдается большая разница в размерах опухоли в один и тот же день инкубации, поэтому говорить об идентичном течении опухолевого процесса даже у животных из одной экспериментальной группы нет никаких оснований. Поэтому, к примеру, схему применения опытных препаратов во время предклинических испытаний желательно заменять на оптимизированную с учетом разницы в развитии опухолей.

Итак, на первый взгляд кажется, что из-за невозможности предварительной «примерки» и отсутствия хорошего механизма предсказания действия определенного лекарства на конкретного больного, путь персонализированной лекарственной терапии закрыт. Но именно для подобных ситуаций давно и успешно применяется математическое моделирование.

Основания для такого выбора понятны. Во-первых, моделирование как раз и нужно для того, чтобы строить прогнозы, причем не только качественные, но и количественные. Во-вторых, компьютерные технологии позволяют оперировать огромным количеством данных, что абсолютно незаменимо при моделировании таких сложных процессов, как динамика развития опухоли. Ну и в-третьих, современный компьютер с его возможностями отображения информации незаменим, когда результаты сложных вычислений требуется «донести до пользователя».

Именно так сегодня разрабатывают конструкции новых самолетов, которые проходят свои первые летные испытания в «виртуальном небе», а архитекторы проектируют новые дома и проверяют, устоят ли они при землетрясении. Что если и врачи-онкологи получат компьютерную программу, которая даст возможность предсказывать действие лекарств на конкретного пациента с его конкретной болезнью? Такая экспертная система позволит специалисту быстро перебрать большее число возможных вариантов и выбрать наиболее подходящий.

В будущих выпусках журнала мы, базируясь на результатах нашей почти десятилетней работы, расскажем о том, как математическое моделирование может помочь персонализировать схемы применения лекарств, об «инструментах», которые могут быть созданы в рамках этого подхода, а также о том, как обеспечивается связь теории и практики.

#### Литература

- Basso A. M., Depiante-Depaoli M., and Molina V. A., *Chronic variable stress facilitates tumoral growth: reversal by imipramine administration // Life Sciences. 1992. V. 50. P. 1789–1796.*
- Coleman M. P., Alexe D.-M., Albrecht T., and Mckee M. *Responding to the Challenge of Cancer in Europe // Institute of Public Health of the Republic of Slovenia. Ljubljana. 2008.*
- Jørgensen J. T. *Are we approaching the post-blockbuster era? – Pharmacodiagnosics and rational drug development // Expert Review of Molecular Diagnostics. 2008. V. 8. P. 689–695.*
- Rothwell P. M., Fowkes F. G. R., Belch J. F. F., et al. *Effect of daily aspirin on long-term risk of death due to cancer: analysis of individual patient data from randomised trials // The Lancet, Early Online Publication, 2010. 7 December.*
- The European Journal of Cancer. 2009. V. 45. Iss. 6.*

При оформлении публикации использованы картины А. Дейнеки «Стахановцы» (1937 г.) и «Футбол» (1924 г.)

# За перевалом Сайлюгем...

В. И. МОЛОДИН



Этот выпуск журнала посвящен замечательному Человеку, выдающемуся ученому и организатору науки Валентину Афанасьевичу Коптюгу. Для меня как автора поучаствовать в нем великая честь, поскольку с именем академика Коптюга связано для России очень многое, прежде всего сохранение Российской академии наук и ее Сибирского отделения в труднейшие для страны девяностые. Именно В. А. Коптюг, будучи председателем Сибирского отделения, оказал огромную помощь в организации и проведении наших первых экспедиций на плато Укок. Директор нашего института и соруководитель международной программы «Пазырык» академик А. П. Деревянко не раз обращался к Валентину Афанасьевичу за поддержкой и всегда был услышан.

Никогда не забуду, как я принес Валентину Афанасьевичу две наши с Натальей Полосьмак первые монографии по Укоку. Конечно, он поздравил и похвалил, но тут же сделал совершенно справедливое замечание, что такие книги следует обязательно сопровождать цветными иллюстрациями. Обозначил он и проблему глобального потепления климата, и негативное влияние этого фактора на сохранение замерзших курганов...

Думаю, что и итоги нашей программы «Пазырык-2» порадовали бы Валентина Афанасьевича...

В этой статье публикуются отрывки из книги, в которой рассказывается о наших работах в Монголии.

Этот международный проект осуществлялся в течение трех полевых сезонов в 2004, 2005, 2006 г.

Несколько дней назад в Улан-Батор были отправлены из Новосибирска после реставрации все археологические находки, обнаруженные нашей экспедицией в 2006 г., близка к завершению монография, над которой все эти годы я работал со своими коллегами. Так что сама логика событий позволяла мне взяться за перо.

Из новой научно-популярной книги В. И. Молодина  
«За перевалом Сайлюгем»

Итак, я приглашаю тебя, дорогой читатель, в путешествие за перевал Сайлюгем, в Северо-Западную Монголию. Здесь, за высоким горным хребтом, раскинулись просторы Центральной Азии с ее бескрайними степями, горными хребтами, быстрыми горными реками с кристально прозрачной ледяной водой и блюдцами озер. Здесь еще сохранилась сказочно первозданная и почти нетронутая человеком природа – прекрасная и суровая. Здесь, на северо-западе Монголии, на высоте более двух тысяч метров простираются высокогорные плато с суровым

климатом, где в разгар жаркого лета может неожиданно повалить снег, а внезапно налетевший шквал в клочья порвать палатки. Здесь в горах и на перевалах даже летом местами лежит снег.

И в то же время в этих суровых краях живут замечательные, удивительно добрые и отзывчивые люди – пастухи, кочующие с семьями казахи и монголы, а также отважные пограничники.

Но, конечно, самым главным, что привлекало нас в этих суровых местах, были археологические древности – курганы, которые мы должны были отыскать и в кото-

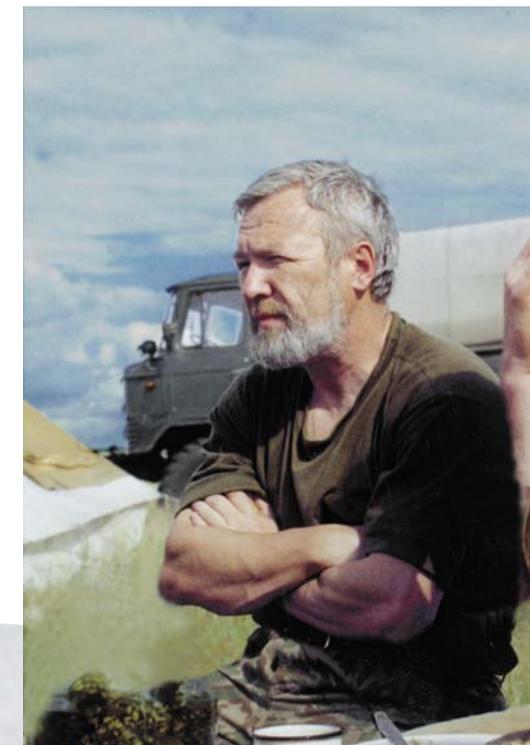


рых, по нашему мнению, должно было присутствовать то, что сохраняется в погребальных комплексах далеко не всегда и не везде – замерзшие могилы. Именно в них археолог, если ему, конечно, очень повезет, может найти то, что не доходит до нашего времени почти никогда: одежду и обувь, головные уборы и деревянные предметы, изделия из ткани, кожи, меха и войлока. Все это ценится учеными дороже любых драгоценностей! Такие предметы, попадая в руки исследователей, дают совершенно уникальную информацию, позволяющую на новом уровне реконструировать далекое прошлое, от которого нас отделяют даже не века, а тысячелетия. Находки же замерзших мумий людей и животных дают уникальнейшую информацию биологам.

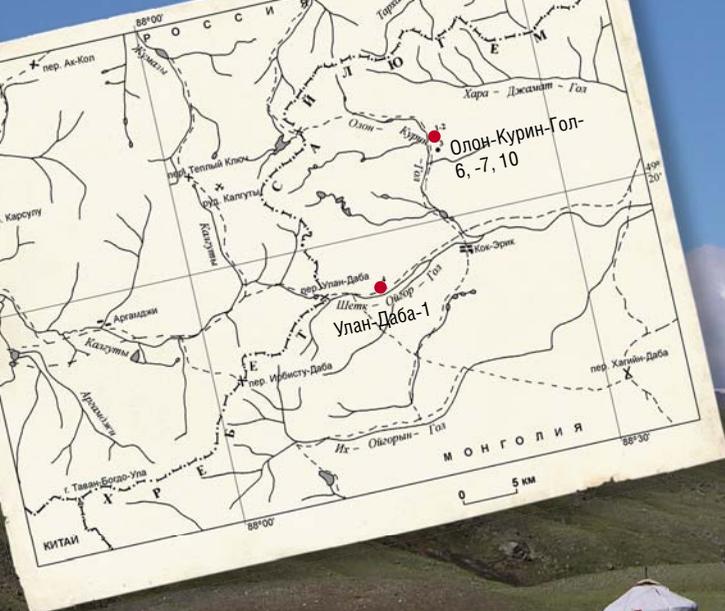
В моей практике уже были раскопки таких памятников. С 1991 по 1996 г. мне посчастливилось принять участие (и даже быть соруководителем) в Международной научной программе по изучению археологических памятников, в том числе и пазырыкской культуры, на высокогорном плато Укок, что на самом юге российского Горного Алтая, на границе с Монголией, Казахстаном

Схема расположения могильников пазырыкской культуры на территории Российского Алтая, Северо-Западной Монголии и Восточного Казахстана (вверху слева)

**Ключевые слова:** Северо-Западная Монголия, пазырыкская культура, замерзшие погребения, геофизические методы мониторинга мерзлоты, археологические находки  
**Key words:** North-West Mongolia, Pazyryk culture, frozen burials, geophysical methods of the frost monitoring, archaeological finds



МОЛОДИН Вячеслав Иванович – действительный член РАН, доктор исторических наук, заместитель директора Института археологии и этнографии СО РАН, профессор НГУ, член-корреспондент Германского археологического института, лауреат международной премии А. П. Карпинского, Государственной премии РФ (2005 г.) Автор и соавтор более 1100 научных работ, в том числе 50 монографий



Типичный пейзаж и схема расположения могильников в Северо-Западной Монголии



Население очень живо откликнулось на наши работы. Везде нас встречали предельно доброжелательно. И, что характерно, очень приветливы все, от самых маленьких ребятшек до пожилых аксакалов. Везде приглашают в гости. В одну из юрт – просто затащили. Пришлось зайти, несмотря на то, что дел было очень много. Сразу же провели и усадили на самое почетное место в юрте. Хозяйка и младшие по возрасту женщины, очевидно дочери или снохи, стали накрывать на стол. Не прошло и пяти минут, как на низком столике перед нами появился чай, национальные лепешки, сыр, молоко... Все было вкусно. С нами за столом сидел хозяин и глава семейства. Я рассказал ему о наших задачах и планах. Он внимательно все выслушал, думаю, едва ли мне до конца поверил, но миссию нашу, безусловно, одобрил. Кстати, русский язык знают многие. Оказывается, немало молодежи из этих мест проходили обучение в Республике Казахстан, а там русский язык – один из двух государственных. Так что с общением проблем не возникало. И вообще, было очень приятно иметь дело с такими людьми – доброжелательными, гостеприимными и непосредственным. Единственной слабостью (если это можно назвать слабостью) наших любезных хозяев была страсть фотографироваться

и Китаем. На Укоке была открыта и исследована целая серия погребальных комплексов, в том числе и с мерзлотой, подаривших науке неграбленные захоронения среднего слоя пазырыкского общества. В 1993 г. Наталья Полосьмак исследовала курган Ак-Алаха-3, где было найдено погребение знатной женщины. Сохранился не только удивительный по полноте комплекс предметов, но и мумия, кожу которой украшала великолепная татуировка. Позднее журналисты окрестили ее «алтайской принцессой». А в 1995 г. поспрашивались и мне. Исследуя пазырыкский могильник Верх-Кальджин-II, наш отряд обнаружил непотревоженное захоронение молодого воина, мумия которого также прекрасно сохранилась. В этом кургане были найдены и уникальные предметы, прежде всего роскошная шуба-дубленка.

Естественное желание вновь поработать на Укоке не пропадало, конечно, ни у меня, ни у Натальи. К сожалению, ситуация вокруг Укока складывалась напряженная, а порой и попросту скандальная. Современное мифотворчество, сделавшее из женщины среднего слоя пазырыкского сообщества «принцессу Кадын, прародительницу алтайского народа», привело к тому, что все трудности и проблемы региона списывались на археологов. Самое скверное, что таким образом настраивалось местное население. Археологические исследования на плоскогорье были запрещены, при этом для «дикого» туризма путь был открыт.

Вновь побывать на Укоке мне удалось только в 2003 г. Мы приехали туда с моим коллегой археологом из Германии Германом Парцингером и геофизиком Михаилом Эповым. Укок сильно изменился. Помимо пограничников, нередко встречались и туристы.

Исколесив значительную часть Горного Алтая, я показал коллегам грандиозные могильники пазырык-

ской культуры в центральной части этой территории: и те, на которых уже проводили раскопки выдающиеся отечественные археологи профессора М. П. Грязнов и С. И. Руденко (Пазырыкский и Башадарский могильники), и те, которые еще предстоит исследовать новым поколениям ученых.

Академика Эпова привлекала идея обнаружения мерзлоты при помощи геофизических методов. Для этого ему необходимо было поработать на объектах с мерзлотой и без нее.

За несколько дней геофизикам удалось отработать несколько комплексов и в результате получить две модели: курган с мерзлотой и курган без мерзлоты. К великому нашему сожалению (и, наверное, прежде всего М. И. Эпова), проверить полученные результаты мы не имели возможности. Именно тогда я впервые услышал от Михаила Ивановича, что археология – лучший полигон для отработки методических приемов в геофизике. «Судите сами, – как всегда спокойно и неторопливо рассуждал ученый, – дали вы, к примеру, прогноз, что нефтяной пласт такого-то месторождения залегает на глубине столько-то километров. Чтобы проверить правильность прогноза, нужно пробурить скважину, однако когда это случится? Через год, пять, десять лет? Могут же быть такие условия, что проверить прогноз возможно только через десятилетия. Но прогноз-то существует! Другое дело археология. Мы реально можем проверить и перепроверить любой прогноз практически в течение одного полевого сезона! Если наши предположения не подтверждаются, значит, мы ошиблись, значит, следует думать и искать что-то другое».

С этим утверждением М. И. Эпова было трудно не согласиться. В его правоте я убеждался не раз – практически каждый сезон, работая с геофизиками.

Именно эта первая поездка на Укок с геофизиками явилась отправной точкой нашего сотрудничества, направленного на поиски мерзлоты.

Меня же, по прошествии почти десяти лет после укокских раскопок, привлекала идея осуществления того, что можно было сделать теперь с участием высококлассных специалистов самого различного научного профиля, которых в Сибирском отделении предостаточно.

Конечно, для реализации этой идеи еще более привлекательными, чем укокские курганы пазырыкской культуры, выглядели могильники центральной части Горного Алтая. Несомненно, что в долине р. Каракол (Онгудайский район) сосредоточены погребальные комплексы самого высокого слоя пазырыкского общества, может быть, даже близкие по статусу и особам царским. Здесь же, в этой долине, расположен и знаменитый Башадарский могильник, на котором два кургана были исследованы профессором Сергеем Ивановичем Руденко. Раскопать такой пазырыкский курган в каракольской долине, думаю, было бы важно и для Республики, поскольку можно было бы продумать музеефикацию полученных материалов в стенах Горно-Алтайского музея.

Вместе с тем было очевидно и другое – реализовать пазырыкскую программу под девизом «Пазырык-2» было попросту невозможно.

Помог случай. В Улан-Баторе проводилось заседание недавно созданной Ассоциации Академий наук стран Азии, куда входила и Россия. Президентом (и одним из основателей) этой Ассоциации был председатель Сибирского отделения РАН, академик Николай Леонтьевич Добрецов. Я в этой Ассоциации отвечал за одну из международных научных программ, посвященных

археологическим исследованиям в Азии. И вот в своем докладе, в котором был представлен довольно широкий обзор наших исследований, я рассказал о наших укокских успехах, в том числе и о находках пазырыкских мумий. После заседания, уже на торжественном ужине, ко мне подошел Президент Академии наук Монголии академик Б. Чаадра. Он высоко отозвался о докладе, а потом неожиданно предложил: «Может быть, и в Монголии ты раскопаешь нам такие же замечательные захоронения?».

Конечно, реализовать эту идею было не так просто, как кажется. Район Северо-Западной Монголии как будто идеально подходил для реализации проекта. Он обладал развитой речной системой и выраженными пастбищными долинами, что не могло не притягивать кочевника-скотовода. Кроме того, речные долины в верховьях рек были расположены даже выше, чем плато Укок, – на высоте 2500–2600 м над уровнем моря, а это открывало перспективы обнаружения мерзлоты в курганах, разумеется, при условии достаточно низкого температурного режима в этом микрорайоне. К тому же этот район Монголии был связан с Укоком горным перевалом Улан-Даба, открытым для перехода круглый год.

Дело оставалось, казалось бы, за малым: найти здесь курганы пазырыкской культуры.



Северо-Западная Монголия. Июнь 2005 г.  
В центре – академик М. И. Эпов, справа –  
Х. Пиецонка (Германия) и М. Чемякина

В начале 2004 г. был заключен трехсторонний договор о научных исследованиях в Северо-Западной Монголии между Институтом археологии и этнографии Сибирского отделения Российской Академии наук (Новосибирск), Германским Археологическим институтом (Берлин) и Институтом археологии Академии наук Монголии (Улан-Батор).

Планируя полевой сезон 2004 г., я отводил месяц на разведку в Баян-Ульгинском аймаке Монголии, наметив участок на южных склонах Сайлюгемского хребта, по соседству с Укоком. Я должен был найти курганные могильники пазырыкской культуры и определить среди них наиболее перспективные для проведения раскопок. И я начал готовиться...

Лето 2004 г. прошло в поисках «замерзших» курганов в Монголии.

## Разведка геофизикой

К 2005 г. главное дело было сделано. Памятников в Монголии за сезон 2004 г. мы нашли достаточно много, среди них, несомненно, были и интересующие нас могильники пазырыкской культуры. Условия, в которых находились почти все эти объекты, вполне могли способствовать тому, что в них образовался слой мерзлоты, ибо высоты, на которых они располагались, значительно превышали те, на которых расположены замёрзшие пазырыкские памятники Укока.

Конечно, предприятие планировалось очень ответственное – серьезная международная экспедиция со всеми вытекающими последствиями. И хотя я твердо верил в успех, необходимо было подстраховаться. Помочь могла только геофизика.

Мой отряд имел уже неплохой опыт работы с геофизиками. Начинали вместе с немецкими специалистами из мюнхенской геофизической лаборатории, специализирующейся на работе с археологами. По су-

ществу, именно Й. Фассбиндер и Г. Беккер, со своей аппаратурой совершили второе открытие городища Чича, представив подробную карту памятника.

Помня успешно проведенные геофизиками работы на Укоке, я обратился к академику М. И. Эпову. Михаил Иванович с огромным энтузиазмом взялся за дело. Прежде всего, он сказал, что сам хочет принять участие в этой экспедиции, чтобы проверить появившиеся на сей счет идеи. Сказано – сделано. Я показал коллегам-геофизикам результаты нашей разведки, акцентировав внимание на тех памятниках, которые, по моему мнению, во-первых, были пазырыкскими, а во-вторых, как мне казалось, могли содержать мерзлоту. Оставалось дело за малым – поехать в Монголию и проверить.

Быстро нашлись и энтузиасты этого дела. Геофизикой «заболела» моя ученица Марина Чемякина, которая нашла поддержку в Институте геологии и геофизики нефти и газа СО РАН в лице, прежде всего, Александра Манштейна.

Мы начали готовиться. Помимо археологов из нашего института в отряд вошла группа новосибирских геофизиков, возглавляемая М. И. Эповым. Мы планировали выехать в конце мая и проработать в Монголии примерно месяц. За это время Михаил Иванович собирался проверить свою новую методику на нескольких объектах и дать нам рекомендации.

И тут неожиданно произошло чрезвычайно важное событие, которое ставило крест на моей поездке в Монголию.

В мае 2005 г. нам сообщили, что мы с Наташей удостоены Государственной премии Российской Федерации в области науки и технологий за наши работы на плато Укок. Вручение премий планировалось в Кремле 12 июня. Отменить или перенести наши работы в Монголии было невозможно.

К счастью, сомнения и тревоги мои быстро развеялись, поскольку и Михаил Иванович и Марина Че-

мякина заверили меня, что все будет прекрасно, и они вполне без меня справятся, а я спокойно могу ехать в Москву.

И вот, 12 июня, рано утром, когда в очередной раз зазвонил мобильник, я услышал знакомый голос М. И. Эпова. После слов поздравлений Михаил Иванович перешел к делу. Оказывается, в кургане на перевале Улан-Даба обнаружена очень мощная мерзлотная аномалия.

– Стопроцентная мерзлота! – радостно говорит он. Улан-Даба! Этот курган мы нашли в 2004 г. перед самым нашим отъездом из Монголии. Во-первых, курган располагался на перевале, соединяющем Монголию с плато Укок, где в девяностые годы мы раскопали несколько курганов с мерзлотой. Этот перевал оставался проходимым круглый год. А это значит, что в любое время человек со своими стадами мог совершенно спокойно мигрировать из Сибири в Центральную Азию или наоборот. И сегодня этот перевал активно востребован. От кургана до Укока всего 4–5 км! Можно сказать, это почти Укок.

Во-вторых, курган находился на весьма приличной высоте над уровнем моря – выше, чем все наши объекты со льдом, исследованные на Укоке. Значит, шансов найти мерзлоту еще больше.

И тут такое обнадеживающее сообщение от М. И. Эпова! Конечно, этот объект представлялся наиболее перспективным для планируемых раскопок.

Однако геофизические исследования 2005 г. в Северо-Западной Монголии не ограничились только Улан-Дабой. Несмотря на крайне неблагоприятные погодные условия, которые сложились весной и ранним летом этого года – низкие температуры, снег – удалось сделать очень многое.

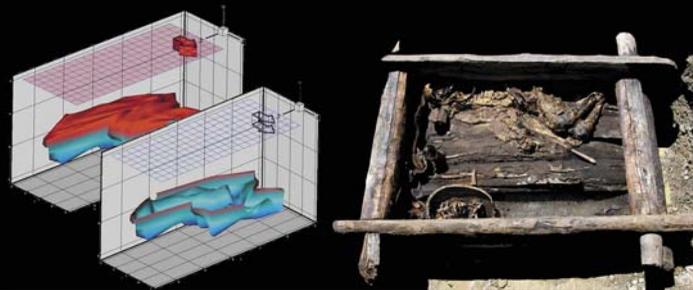
Работа геофизиков в поле – труд нелегкий. Нужно забивать десятки датчиков, монтировать тяжелую аппаратуру, сканировать информацию, затем расшифровывать ее в полевой лаборатории, анализировать результаты... Отпущенное время геофизики использовали по максимуму, стараясь не потерять ни минуты.

Для обнаружения мерзлоты использовались метод сопротивлений и частотные электромагнитные зондирования с бесконтактным индукционным возбуждением. Оказалось, что искать ледяное тело (изолятор) с помощью обычного метода постоянного тока с электродной установкой над объектом невозможно из-за того, что могильную камеру перекрывает каменная насыпь.

Михаил Иванович предложил расположить электроды по периметру кургана. При этом мы получали как бы вид сбоку на аномалию под курганом. Для того, чтобы обосновать и получить достоверные результаты при такой конфигурации электродов, полевые исследования предусматривало трехмерное математическое моделирование.

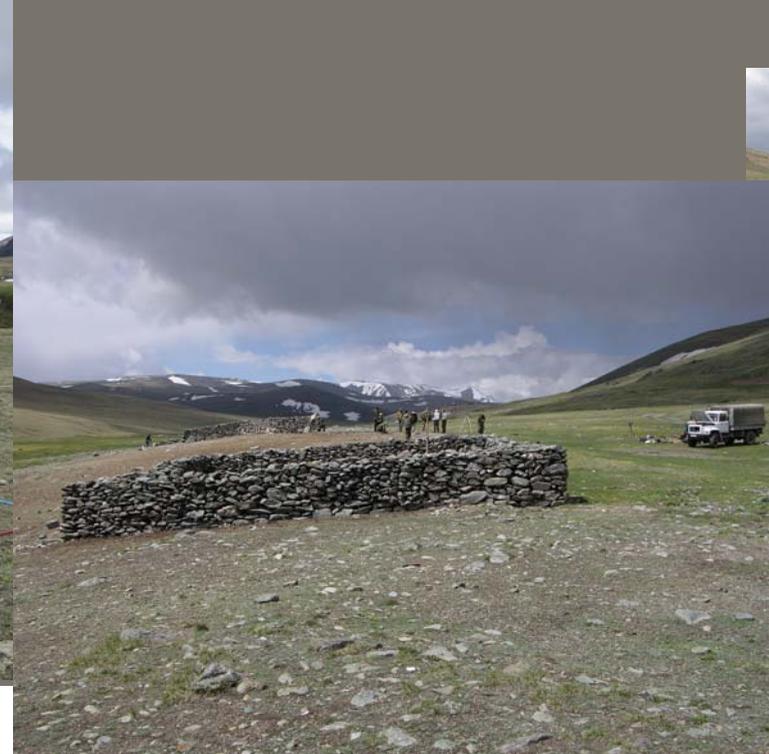
Результаты, позволяющие предположить наличие изолирующих ледовых линз, были получены при исследовании объектов в урочищах Улан-Даба и Олон-Курин-Гол. Наиболее достоверной с модельной точки зрения была абсолютная аномалия под курганом в долине Улан-Даба, где изолирующий объект (линза мерзлоты) располагался в центре кургана.

Был произведен мониторинг практически всех пазырыкских могильников, открытых в 2004 г. Михаил Иванович полагал, что кроме кургана Улан-Даба как минимум еще в двух курганах мерзлота присутствует обязательно.



Трехмерное изображение линзы льда в теле кургана по результатам электроразведки

Северо-запад Монгольского Алтая. Долина р. Цаган-Салаа, курганный могильник Цаган-Салаа-1 (курган № 1). Установка электротомографии, с системой наблюдения, расположенной по периметру кургана



Итак, благодаря геофизикам мы оказались вполне вооруженными перед решающим полевым сезоном 2006 г. По крайней мере, три объекта могли содержать мерзлоту, а это значит, что у нас был даже некоторый выбор, поскольку осилить за короткие два месяца три объекта с мерзлотой казалось делом совершенно нереальным. Оказалось, впрочем, что я ошибался, но об этом ниже.

## В поисках утраченного времени

15 июня 2006 г. Выехали в поле. Смог вырваться сам, что называется, уже вторым эшелонем, отправив основную часть отряда на грузовике, вместе с Олегом Сентябовым для устройства международного лагеря экспедиции. В Монголии к ним присоединятся наши коллеги из Института археологии АН Монголии. Должен подъехать и профессор Д. Цэвээндорж, профессор же Герман Парцингер с германскими коллегами прибудет несколько позже.

Перед отъездом мы договорились с Германом Парцингером, что раскопки начнем с Улан-Дабы.

Поскольку народу в отряде довольно много, решаю начать работы сразу на двух объектах, на тот случай, если Улан-Даба не оправдает наши ожидания.

20 июня 2006 г. Утром выехали всем отрядом на Улан-Дабу. Нам предстояла работа по расчистке насыпи кургана. Погода скверная. Ветрено. Нудный дождик периодически сменялся снежными зарядами, от которых мы прятались в кузове у Олега. Но несмотря на это, работа двигалась быстро. Уже к обеду налицо ощутимый результат!

21 июня 2006 г. Сегодня начали работу и на втором объекте – стопроцентный пазырык – могильнике Олон-Курин-Голе-6. Руководство поручил Игорю Слюсаренко. Он имеет очень большой опыт раскопок на Алтае. К вечеру ребята закончили там разметку.

Сам я с утра и весь день был на Улан-Дабе. Пока курган ведет себя весьма странно: чем более мы его расчищаем, тем он все менее похож на пазырык. Ну да посмотрим.

26 июня 2006 г. Сегодня удалось сделать на Улан-Дабе очень много, и это несмотря на отвратительную погоду. Дождевые заряды с ветром раз за разом сменяли друг друга. Вышли на нижний накат крупных валунов. Это позволяет надеяться, что еще немного и мы достигнем определенной ясности.

Вечером приехали наши новосибирские геофизики, во главе с Михаилом Ивановичем Эповым. С ними неизменный друг Костя Каюров, Александр Манштейн и молодые ребята-аспиранты. Привезли с собой итальянского профессора, так что у нас теперь полнейший интернационал.

27 июня 2006 г. Закончили на кургане Улан-Даба два сектора, но ясности по-прежнему нет. Меня очень беспокоит то, что стратиграфия не отмечает хотя бы какого-то просада. Вариантов может быть два: или такая плотная забутовка могилы, а на дне действительно мощная линза льда, или могилы нет и тогда, как говорится, «пустышку тянем». Трудно, конечно, поверить, что такую конструкцию сооружали просто так или только ради этого невзрачного каменного ящика, который торчит в центре насыпи. Но... но все в жизни бывает!

Хочется как можно скорее получить ясность на Улан-Дабе. М. И. Эпов явно беспокоится за результат, ведь

прогноз его очень обнадеживающий. Мы с Германом, естественно, тоже волнуемся. Улан-Даба по-прежнему остается нашей главной надеждой.

28 июня 2006 г. Рабочий день прошел очень быстро, буквально пролетел. Наверное, это связано с тем, что я все время был занят поиском могильного пятна. В одном из секторов я как будто его обнаружил. Забрехала какая-то надежда, хотя ситуация остается крайне сложной. И если положить руку на сердце, то ясности пока никакой нет.

Геофизики под руководством Михаила Ивановича Эпова продолжили зондаж пазырыкских курганов. Отрядил вместе с ними Игоря Слюсаренко. Они сегодня отработали на двух объектах, на одном, по мнению М. И. Эпова фиксируется явная мерзлотная аномалия.

30 июня 2006 г. Сегодня провели ударную работу на Улан-Дабе. Всю площадку внутри оградки расчистили и разобрали. Проблема с пятном очевидна. Явственно ничего не читалось, в лучшем случае как-то угадывалось или, что правильнее, прогнозировалось. Принялись за разборку его верхней части в надежде, что через штык ситуация прояснится. Однако контур по-прежнему не ловился. Это просто-напросто головная боль. Работать было очень сложно. На кургане собрался весь отряд, а также геофизики и германские кинематографисты. Уезжали с раскопа в полном неведении. Завтра продолжим.

1 июля 2006 г. Первый день июля, кажется, принес неудачу. Улан-Даба оказался «пустышкой». Трудно поверить, что все это грандиозное сооружение выполнено ради этой несчастной могилы из плит, возведенной в его центре почти на поверхности. Сказать, что я впал

в состояние прострации (по крайней мере, внутренне), значит, ничего не сказать! В некотором унынии от моего состояния находятся и геофизики, хотя оптимизма они не теряют, свято веря в свои исчисления. Конечно, будем биться до конца, однако ситуация складывается очень непростая.

5 июля 2006 г. Сегодня весь отряд работал на Олон-Курин-Голе-6. К вечеру закончили снятие всей насыпи, подчистили всю площадь внутри оградки до материка и вышли на прекрасно читаемое пятно в центре – погребальную камеру. Начнем работу на ней уже завтра. Если, конечно, позволит погода.

Грabitельский лаз в могиле на Олон-Курин-Голе – очевиден. Маловероятно (теперь это ясно), что перед нами следы впускного захоронения в основную камеру. Насколько окажется захоронение потревоженным – вот главный вопрос, который меня сейчас беспокоит.

Памятник Улан-Даба (слева). Каменная ограда, в центре пятно заполнения могильной ямы. Сосуд из рога. Памятник Олон-Курин-Гол-10. Курган № 1

Поскольку неизвестно, насколько камера может быть ограблена, а также, учитывая высокие темпы наших работ, предлагаю Герману взять еще один маленький курган. Г. Парцингер предложение принял. Завтра будет выбирать объект.

*(Вечер).* Сегодня, как оказалось, был день контрастов. С одной стороны, на Олон-Курин-Голе в заполнении могильной ямы наткнулись на кости человека. Пока неясно, что это – то ли выброс грабителей из погребальной камеры, то ли впускное захоронение. Конечно, очень бы хотелось, чтобы было второе! На Улан-Дабе, на одном из участков ямы, наконец-то уперлись в мерзлоту. Следовательно, геофизики правы! Однако, что же мы копаем – могилу или просто яму – пока по-прежнему неясно. Так что нужно продолжать и пробивать теперь уже мерзлоту, что, конечно же, добавит проблем...

*9 июля 2006 г.* Живу как на качелях. Настроение меняется от полного оптимизма до полного пессимизма.

Всю первую половину дня провел на Олон-Курин-Голе. В могилу углубились уже по всей площади на полтора метра. Налицо определенный грабительский лаз, так что моя оптимистическая версия с возможным впускным захоронением полностью отпала. К тому же мерзлотой здесь пока, к сожалению, и не пахнет. Увы! Увы! Возникает опасение, что и на этом могильнике может быть если не пустышка, то полупустышка.

На Улан-Дабе ребята расширили раскоп в яме, или могиле, и стоят на льду. В северном углу ямы камни заполнения как будто расположены в каком-то порядке, и это как-то напоминает искусственную выкладку или, если угодно, конструкцию, хотя, если положить руку на сердце, то напоминает слабо. Чем больше я на это смотрел, тем более утверждался в выводе, что все, что мы наблюдаем в яме, – не дело рук человека. Вместе с тем, геофизики с мерзлотной аномалией не ошиблись. Она существует, и мы вышли на ее верхнюю кромку. Другое дело, какова ее природа. Почему образовалась эта линза?! Вот вопросы, на которые просто необходимо дать ответ. Ведь перед нами не деревянный склеп, в котором вода могла аккумулироваться. Но она в чем-то же накапливалась, иначе, откуда лед? Просто какая-то фантазмагория! Одним словом, чтобы понять – необходимо копать!

Тем временем дела на раскопе идут своим чередом, и сегодняшний день вселил в меня некоторый оптимизм. На Олон-Курин-Голе, несмотря на сильнейший грабеж, пошел неплохой сруб, а на дне могилы даже мерзлота. Так что и здесь геофизики не ошиблись. Вне сомнения, это пазырык. Да и на Улан Дабе еще, в общем-то, не вечер. Так что качели не останавливаются. Однако сегодня стало как-то полегче. Очевидно, что на Олон-Курин-Голе-6 мы получили достаточно интересную и важную научную информацию.

На Олон-Курин-Голе-6 пошел уже третий венец сруба. Сохранность бревен по мере углубления становится все лучше и лучше, а ниже вообще мерзлый грунт! Надежда на органику есть, если только ограбление случилось не сразу после захоронения.

Маленький курган уже расчистили полностью. Завтра делаем фото, рисунок и приступаем к разборке насыпи.

Начали разборку насыпи маленького курганчика. Результат не заставил нас долго ждать. На уровне погребальной почвы обнаружен развал сосуда гуннского времени и косточки животных. Кроме этой аномалии никаких пятен нет. Итак, снова полупрокол! Перед нами поминальник эпохи хунну. Такие мы уже неоднократно встречали на Укоке. Известны подобные и в Туве. На Укоке аналогичные конструкции с сосудами и мясной пищей пристраивали к некрополям пазырыкской культуры. Так что перед нами, несомненно, поминальник.

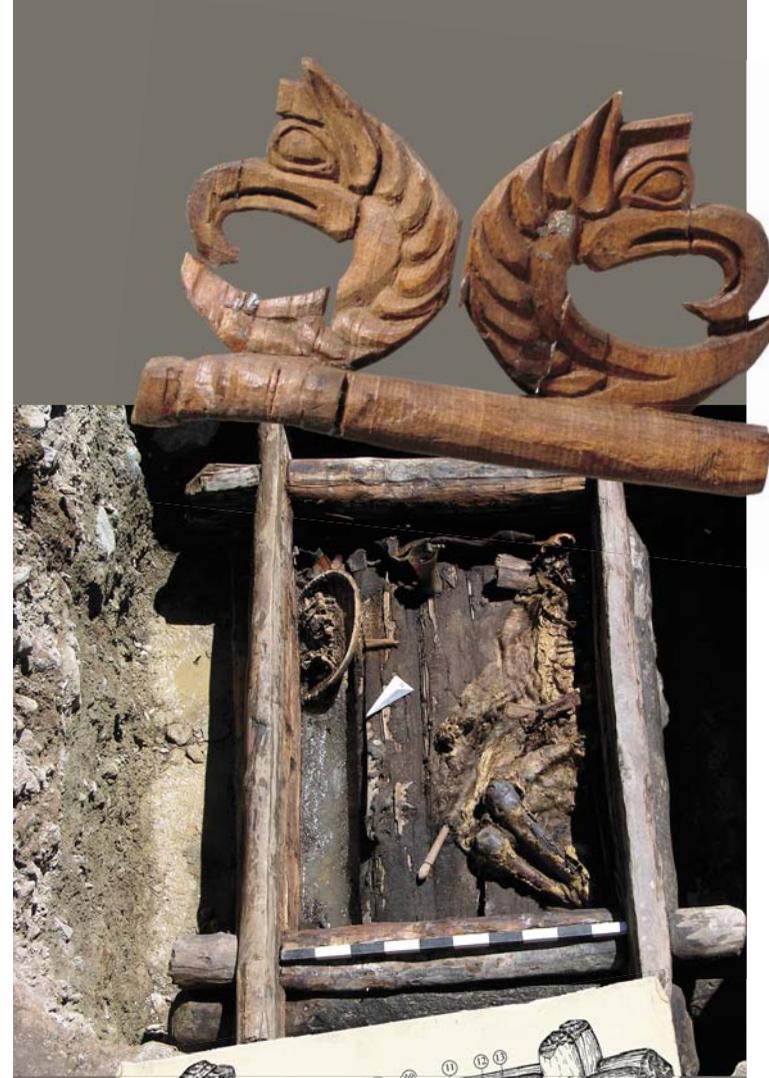
На кургане Олон-Курин-Гол-6 пошли первые находки. Рядом со срубом лежал неповрежденный скелет лошади. С ней – железные удила и костяной *кочедык*. На лошади сохранилось довольно много органики, однако ни деревянные предметы, ни ткани не сохранились. Может, будет что-то на дне камеры? Посмотрим!

*13 июля 2006 г.* На Улан-Дабе ребята пробили линзу мерзлоты и уперлись в каменный цоколь. Стало ясно, все это сооружение городили ради плиточной могилы на поверхности кургана, а мерзлота оказалась естественной, образовавшейся в своеобразном каменном «кармане», существовавшем почти точно под центром насыпи кургана. Бывают же такие совпадения!

Геофизики блестяще проверили свою методику. Так что все не зря. И к тому же Улан-Дабу можно рекультивировать.

Не откладывая на завтра, решили ехать на Олон-Курин-Гол выбирать новый курган. Теперь уже ясно, что последний. Долго советовались с ребятами. Мнения у всех разные. Все понимают, что шанс у нас последний. На Олон-Курин-Голе-6 с его мощнейшей «грабилкой» надежд почти никаких. Наконец, после долгих дебатов решаем брать курган в могильнике Олон-Курин-Гол-10. За него – несколько обстоятельств. Во-первых, он небольшой, к тому же верх насыпи сильно разобран казаками на хозяйственные нужды. Во-вторых, он недалеко от места наших последних работ – следовательно, при необходимости можно мобильно перебрасывать людей с места на место. Наконец, в-третьих (и это самое главное!), это третий курган (и последний!), где геофизики фиксировали лед.

*17 июля 2006 г.* Как оказалось, день этот стал, по сути, самым главным для нашей экспедиции.



Деревянное украшение упряжи.  
Общий вид погребения в срубе и его прорисовка.  
Памятник Олон-Курин-Гол-10 (Курган № 1)

Утро выдалось пасмурным, но, несмотря на погоду, встал я с каким-то особым энтузиазмом и можно даже сказать – полный азарта. После завтрака сразу поехал на «десятку», как мы уже успели окрестить Олон-Курин-Гол-10. Камни насыпи с одной половины кургана были уже сняты, и мы сразу начали подчистку рыхлого слоя, чтобы выявить пятно захоронения. Справились мы с этим делом достаточно быстро и – о ужас! Вся зачищенная площадка внутри ограды была покрыта слоем материкового гравия. Пятно не читалось!

С Олон-Курин-Гола-6 пришли Герман с Анатолием. Угрюмо посмотрели на все это безобразие, поговорив при этом по-немецки. Потом Герман молча побрел назад. Именно побрел... Так он был расстроен!

Все это время я сидел на ограде кургана и не принимал участие в обсуждениях. Во мне пронеслась буря эмоций. Неужели снова провал! Неужели повторение Улан-Дабы?! Но ведь все против этого! Все! Нет, не может быть, нужно искать пятно – твердо решил я.

Подошел Анатолий. Начал говорить, что, по-видимому, объект аналогичен Улан-Дабе, стал меня утешать – на Олон-Курин-Голе-6 взяли пробы и на палеогенетику и даже на микробиологию, да и с мерзлотой, похоже, многое прояснилось...

Я молчал... В голове лишь стучали молоточки: не может быть, нужно искать пятно...

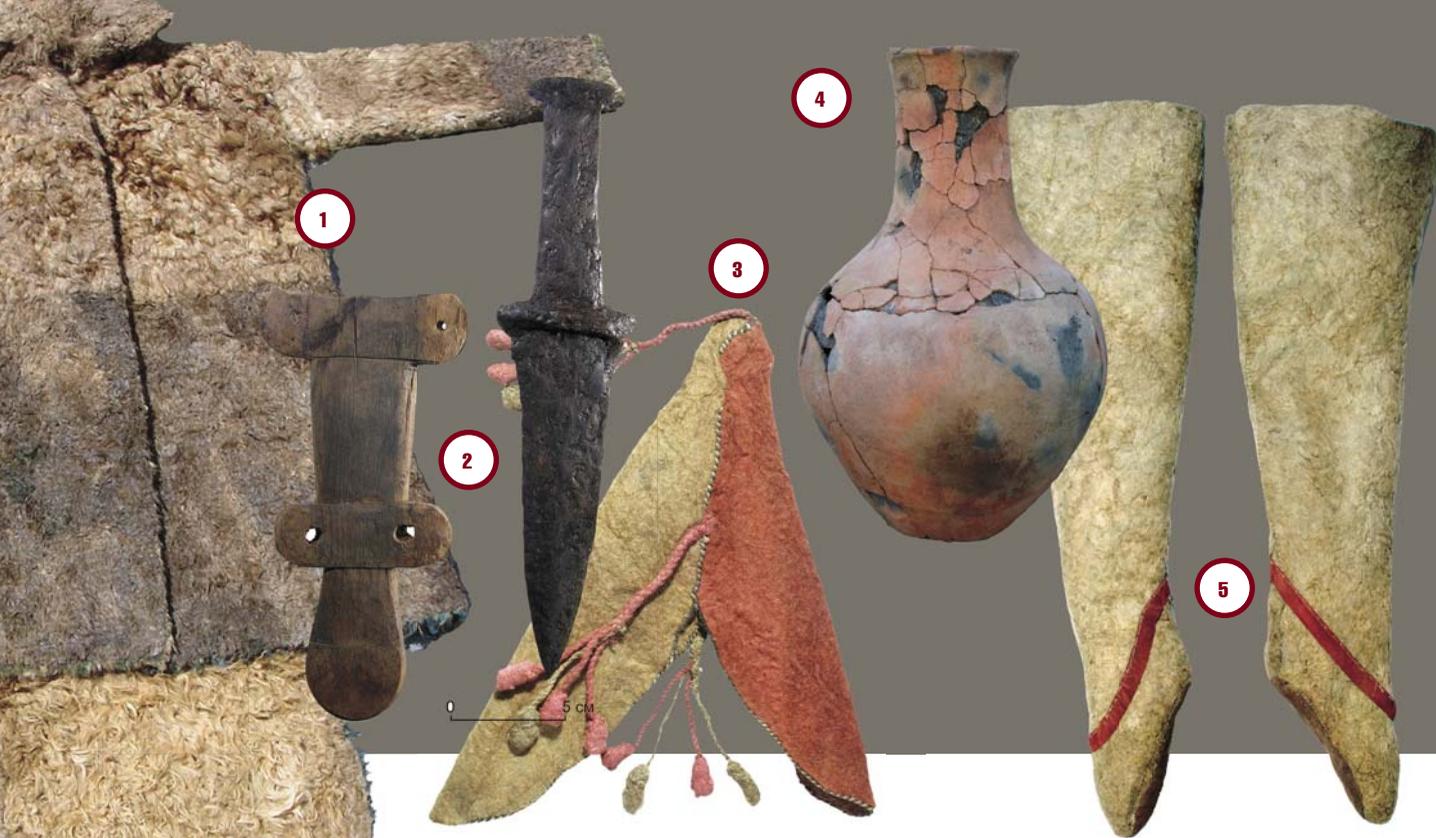
Толя, видимо, поняв мое состояние, сказал, что пошел на Олон-Курин-Гол-6 – там еще предостаточно работы.

Я взял лопату и молча, ни на кого не глядя, стал на полштыка углубляться в этот материковый слой, делая это скорее автоматически. Я продолжал траншею от центра к периферии, то есть к каменной ограде кургана. Слой был плотен и по цвету абсолютно однороден, и я очень скоро почти разуверился в успехе. В голове лишь мелькало: что делать дальше?! брать следующий объект? Но чтобы это делать, нужно все-таки понять, что мы копаем, в конце концов!

В это время оставшаяся у меня часть народа продолжала дочистить каменную ограду кургана. На глаза попался А. Овчаренко.

– Саня! – сказал я как-то даже грубо. – А ну-ка кончай ерундой заниматься. Иди, помоги дочистить площадку!

Овчаренко взял лопату и от ограды к центру кургана стал подчищать площадку. Саша «чистанул» буквально пару раз и – о чудо! Материковый слой как бы отслоился от лежащего под ним красноватого слоя щебенки. Овчаренко быстро стал двигаться ко мне навстречу, к центру кургана. Верхний слой по-прежнему легко отслаивался, хотя и становился все толще. И вдруг, когда Овчаренко не дошел до меня полметра, под его лопатой четко и контрастно проступила ровная граница пятна. Ближе к центру кургана оно было светлое, такое же, как



вся зачищенная выше поверхность, однако оно уже резко контрастировало со слоем, который лежал ниже.

– Ну-ка, теперь иди только по границе, кажется, поймали! – почти шепотом почему-то сказал я Александру.

А через пять минут все было кончено! Пятно отчетливо локализовалось в правильный прямоугольник, ярко читающийся на фоне красноватого слоя. Я боялся поверить в удачу и попросил оставшихся на кургане ребят взять лопаты и дочистить до этого красноватого уровня оставшуюся площадь внутри ограды.

Время летело. Все забыли об отдыхе. Картина становилась все более понятной даже неспециалисту.

В это время краем глаза я увидел приближающихся к нам ребят с соседнего кургана. Вид у всех был удрученный. Шли молча – переживали очередную нашу неудачу. Мы же тем временем, не показывая нашего ликования, молча продолжали подчистку...

Когда они наконец подошли, был просто взрыв эмоций! Но больше всех ликовавший Г. Парцингер. Мы обнялись. Оба мы были по-настоящему счастливы!

К слову сказать, Михаил Иванович Эпов фиксировал здесь, хотя и незначительную, но все-таки мерзлотную аномалию.

После случившегося Герман сдвинул свой отъезд максимально, насколько это было возможно, то есть до 27 июля.

А я завтра отправляю в Ульгин Артема, Анатолия и Байру встретить Д. Цэвээндоржа и президента Академии наук Монголии Б. Чаадру. Ну и конечно, нужно решить массу хозяйственных дел, которые поднакопились за последнюю неделю.

Сегодня я по-настоящему счастлив!

19 июля 2006 г. Оба раскопа на Олон-Курин-Голе дают прекрасные результаты. На Олон-Курин-Голе-6 под досками лежанки, перевернутыми грабителями, обнаружены кости младенца, а также обломки деревянных предметов. Среди них неплохо сохранившийся гребешок. От младенца взяли пробу на палеогенетику. Взяли пробы и из льда – на микробиологию.

На «десятке» же вообще фантастика! Заполнение могильной ямы явно свидетельствует о том, что погребение, по всей видимости, не нарушено. Попадались куски разложившегося черного войлока. Наконец сегодня мы вышли на бревенчатое перекрытие сруба! Поскольку даже на его вершине температура приближалась к нулю, есть все основания полагать, что в срубе будет лед. При этом бревна сохранились прекрасно. Это ошкуренная лиственница. На перекрытии нет никаких изъятий. Такой замечательной сохранности дерева я не припомню даже на Укоке! Если в срубе будет лед, то должна быть и органика. Мумия тоже весьма вероятна. Эта проблема меня очень волнует. Ну да поживем – увидим, главное, что мы, похоже, получили то, к чему стремились!

20 июля 2006 г. Сегодня встал раньше обычного – в 7 часов утра. Испытываю какой-то необычный подъем и нетерпение.

На раскопах все великолепно (конечно, прежде всего, на «десятке»). Расчистили перекрытие сруба – это



мощный бревенчатый накат. Бревна сохранились великолепно и даже не имеют просада. На перекрытии лежат две лошади. Правда органика на них почти не сохранилась, но деревянные украшения упряжи в виде крупных головок грифонов сохранились прекрасно. Они местами покрыты тонкой серебристой пленкой – по-видимому, оловом. Смотрелись, конечно, эффектно, как крупные серебряные изделия. Это, вне всякого сомнения, то, что мы искали, то есть пазырык.

Почти закончили Олон-Курин-Гол-6. Там тоже дела идут в хорошем темпе. Ребята работают превосходно!

С сегодняшнего дня решил устроить ночное дежурство на «десятке». Все-таки многие уже видели, что у нас пошло нечто необычное, и нельзя исключать, что кто-то попытается вскрыть сруб... Поставили рядом с курганом палатку и оставили на ночь двоих парней.

23 июля 2006 г. Сегодня воскресенье, однако я решил взять с собой несколько добровольцев и поработать на «десятке». Довели расчистку сруба до материка, то есть до дна могилы. Нижний венец весь во льду, и это очень радует. Все тщательно и многократно сфотографировали. Наконец, со всеми предосторожностями приподняли одно из бревен перекрытия погребальной камеры...

Перед нами открылась совершенно необычная картина, которая никогда и нигде на пазырыкских памятниках с мерзлотой не встречалась, в том числе и у нас на Укоке. В срубе не было льда! Пространство совершенно свободно от какого-либо заполнения! Очевидно, что работа по его расчистке потребует минимальная. Умерший лежал на очень высокой кровати. Несмотря

Находки археологов в погребальном комплексе Олон-Курин-Гол-10 (Курган № 1):

- 1 – меховая шуба после реставрации;
- 2 – железный кинжал и деревянные ножны;
- 3 – съемный войлочный чехол горита;
- 4 – глиняный сосуд;
- 5 – войлочные сапоги (после реставрации);
- 6 – деревянное украшение упряжи;
- 7 – деревянное блюдо;
- 8 – фигурка деревянной лошади на плоской основе;
- 9 – деревянное украшение боковой части головного бора в виде фигурки оленя и его прорисовка (10);
- 11 – головной убор после реставрации.



Участники Российско-германо-монгольской экспедиции. 2006 г.

на отсутствие льда, видно, что все (или почти все) прекрасно сохранилось. Успех полный и потрясающий!

24 июля 2006 г. Сегодня был один из самых ответственных и в тоже время счастливых дней. Мы начали вскрывать погребальную камеру. Конечно, это не дверь в гробницу Тутанхамона и я не Говард Картер, но думаю, любой профессиональный археолог поймет меня и мое волнение. Уверен, что и мои друзья и коллеги испытывали те же самые чувства.

Мы аккуратно сняли плотно подогнанные бревна перекрытия. Они на удивление легко поддались. Когда бревна вынесли из могилы, нашими глазами открылась потрясающая картина! На погребальном деревянном ложе, на боку, как это принято у пазырыкцев, лежал взрослый человек. Он был одет в меховую шубу и войлочный головной убор, на ногах войлочные сапоги-чулки. Были видны деревянное блюдо и сосуды. Но поразило то, что все это как бы не тронут временем. Не было ни земли, ни льда. Будто опытная рука археолога уже все расчистила. Погребение лишь слегка присыпано древесной трухой. Саша Пилипенко взял пробы льда на биохимические анализы, а Марине Мороз потребовалось совсем немного времени, чтобы смести древесную труху. Нам фантастически повезло. Если бы сруб был полон льда, потребовалась бы колоссальная работа.

Сразу же приступили к фотофиксации и зарисовке комплекса.

25 июля 2006 г. Сегодня очень плодотворно поработали на раскопе. Буквально каждый час приносил

сюрпризы. Любопытно само захоронение. Погребенный – рыжеволосый, со стрижкой, что называется, «под горшок». Мягкие ткани на черепе не сохранились, как их не было и под шубой, однако на ногах они сохранились неплохо. Было похоже, что рядом с мужчиной лежит целый деревянный лук в меховом колчане – несомненная удача, так как лука такой сохранности до сих пор не удавалось обнаружить в комплексах пазырыкской культуры. Конечно, фрагменты луков в могилах со льдом находили, а вот целый – найден впервые. Более всего захоронение напоминает погребения, раскопанные мною на Укоке, на могильнике Верх-Кальджин-II. Вплоть до рыжего цвета волос у мужчин. Не удивлюсь, если они вообще окажутся родственниками! К тому же оба в роскошных шубах. Фотографируем детали, делаем рисунки и описание.

26 июля 2006 г.

А сегодня удалось целиком снять лук. Конечно, благодаря Марине Мороз. Очень талантливый реставратор! Все находки, которые легко можно снять (и даже не очень легко), мы увозили в нашу реставрационную лабораторию, где над ними трудятся реставраторы. Завтра, к приезду Президента Монголии, мы возвратим все на свои места.

28 июля 2006 г. Утром приехал молоденький лейтенант с погранзаставы, сказал, что ему приказано сообщить: вертолет будет у нас завтра, то есть раньше срока, около 10 часов утра. Вертолет пограничников, так что нам нужно быть готовыми. С одной стороны, это прекрасно, с другой, пришлось поупираться и работать,

пока было светло. Нужно переложить погребенного в шубе в специально подготовленный для этой цели ящик, отвезти и упаковать оставшиеся находки, предварительно зафотографировав и зарисовав их. Нужно было взять максимальное количество всевозможных проб, наконец, необходимо было вытащить сруб наружу, промаркировать бревна, собрать его наверху и снова разобрать. При этом нижний венец был приморожен, и пришлось изрядно потрудиться, прежде чем его удалось освободить ото льда. К тому же из бревен необходимо было взять образцы на дендрохронологический анализ. Дело это весьма трудоемкое, требующее времени.

Таким образом, все хорошо, однако на душе как-то грустно. Странное состояние какой-то опустошенности не покидает меня. Вот вроде бы все завершилось сверх-успешно, и домой уже пора, а как будто кусочек души оторвался и остается здесь, на суровом и прекрасном северо-западе Монголии.

**К**ульминация научного поиска, если хотите, его триумф – действие почти мгновенное, однако ведет к нему долгий, трудный, а порой и тернистый путь, который, кстати сказать, далеко не всегда этим триумфом и заканчивается... Однако мне хотелось, чтобы в этой книге прозвучала настоящая правда о наших, зачастую рутинных экспедиционных буднях, и если я что-то и убрал из своих полевых записей (каюсь, несколько раз вынужден был это сделать), то лишь по той причине, что заметки эти носили сугубо личный, а порой излишне эмоциональный, характер.

Однако следует все-таки вернуться в 2006 г. В сентябре, в столице Монголии Улан-Баторе прошла организованная Монгольской Академией наук пресс-конференция с участием руководства Академии и ее Президента академика Б. Чаадры, директора Института археологии Монголии Д. Цэвээндоржа. На пресс-конференцию были приглашены и мы с Германом Парцингером. В ней участвовали не только монгольские журналисты, но и представители зарубежной печати. Вопросов было очень много, и нам было приятно на них отвечать. В конечном итоге получалась приятная беседа, которая bukva на следующий день была освещена на страницах монгольских СМИ. Особенно подчеркивался интернациональный характер экспедиции и мультидисциплинарный подход к решению научных задач, ну и разумеется, рассказывалось о конкретных результатах, полученных на памятнике Олон-Курун-Гол-10.

В конечном итоге все полученные материалы были благополучно доставлены в Академгородок, где в реставрационном центре нашего Института они прошли прекрасную обработку. Все предметы приобрели абсолютно музейный вид. Особенно, конечно, впечатляла роскошная меховая шуба. Верхняя ее часть была выполнена из собольего меха, нижняя – из беличьего.

Шуба была с «хвостом», то есть такого же кроя, как и когда-то найденная мною на Укоке. Конечно, реставрация и консервация полученных в Монголии предметов потребовала и существенных средств и времени. Конечно, это был нелегкий труд всех наших реставраторов. Тем не менее, уже через год практически все было закончено.

Благодаря исследованию проб, взятых на раскопе, А. Г. Ромашенко и А. С. Пилипенко были получены результаты, позволившие связать носителей пазырыкской культуры с обитателями Передней Азии. Именно отсюда происходят древнейшие в мире ковры и ткани, найденные в царских пазырыкских курганах. Впервые был обнаружен и генетический след мигрантов, смешавшихся на Алтае с местным населением.

Интереснейшая работа была проделана по изучению костюма носителей пазырыкской культуры. Хорошая сохранность одежды, обуви, головных уборов позволила Н. В. Полосьмак, с учетом уже проделанной ею работы с предметами, обнаруженными в комплексах Укока, предложить убедительную реконструкцию костюма носителя пазырыкской культуры Северо-Западной Монголии, а Д. В. Позднякову сделать великолепную графическую реконструкцию.

#### Литература:

Молодин В. И. Древности плоскогорья Укок: тайны, сенсации, открытия. Новосибирск: «ИНФОЛИО-пресс», 2000. 192 с.

Молодин В. И., Парцингер Г. Ледяной воин Алтая // *National Geographic Россия*, 2007. № 6. С. 58–71.

Molodin V., Parzinger H., Cevendorz D. Das Krigergrab von Olon-Kurin Gol // *Im Zeichen des Goldenen Greifen. Konigsgraber der Skythen. Munchen-Berlin-London-New York*, 2007. S. 148–155.

Молодин В. И. Исследования Российско-Германско-Монгольской экспедиции на северо-западе Монголии летом 2006 г. // *Российская археология*, 2007. № 4. С. 42–50.

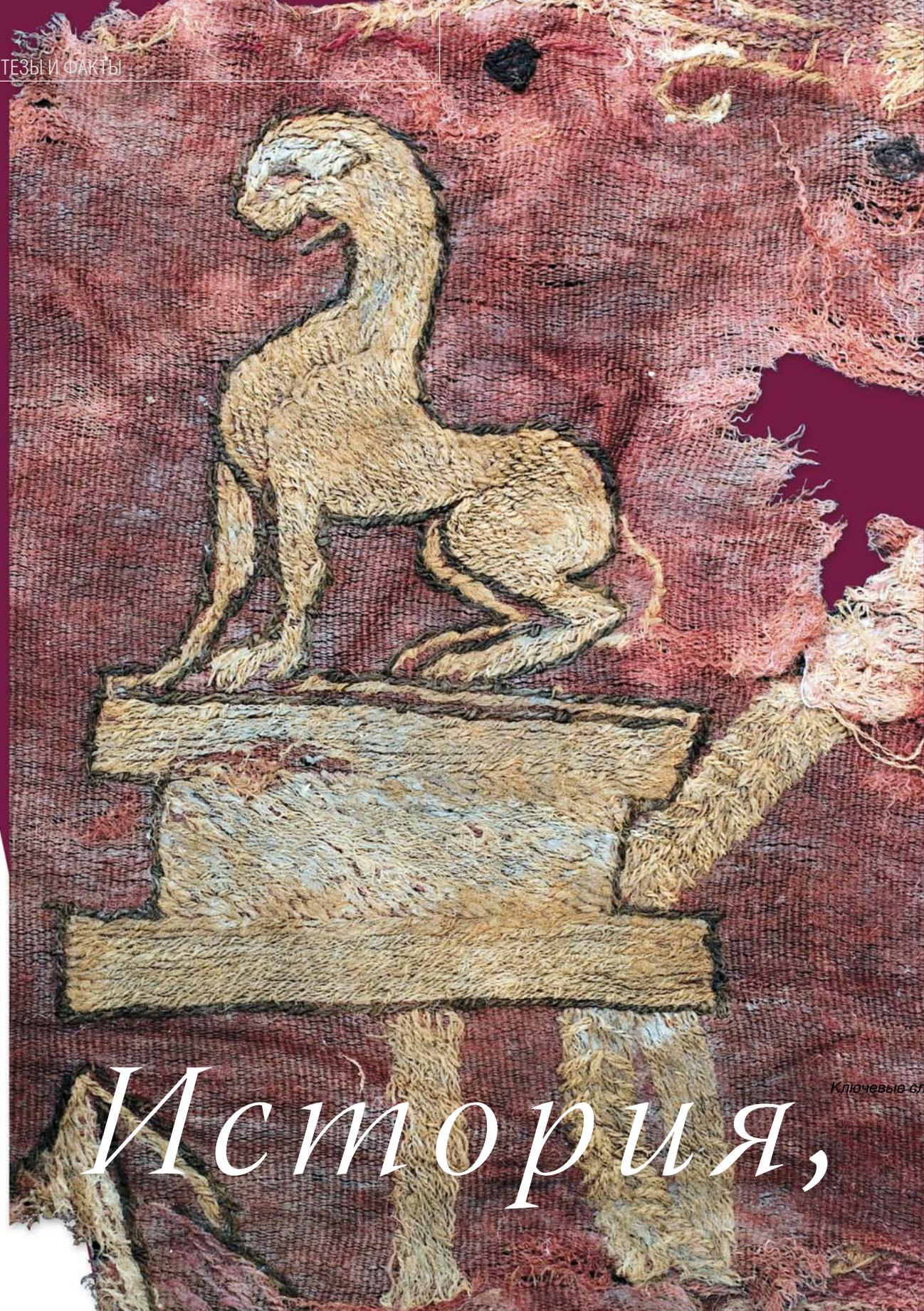
Полосьмак Н. В. Всадники Укока. Новосибирск: «ИНФОЛИО-пресс», 2001. 336 с.

Parzinger H., Molodin V., Cevendorz D. Der skythenseitliche krieger aus dem eis: Neue entdeckungen im Mongolischen Altai. Amsterdam, 2008. S. 66.

Автор и редакция благодарят д. и. н. В. П. Мильникова и к. и. н. И. Ю. Слюсаренко за помощь в подготовке публикации

В статье использованы фото В. П. Мильникова, прорисовки В. Ковторова и Н. Ермаковой

В публикации использованы иллюстрации и прорисовки из подготовленной к публикации книги «Замерзшие погребальные комплексы пазырыкской культуры на южных склонах Сайлюгема.» (Молодин В. И., Парцингер Г., Цэвээндорж Д.),



ПОЛОСЬМАК Наталья Викторовна – доктор исторических наук, главный научный сотрудник Института археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск). Лауреат Государственной премии РФ (2004), лауреат Национальной премии «Достояние поколений». Автор и соавтор более 130 научных работ, в том числе 12 монографий

*Когда из посыпанной снегом могильной ямы кочевого вождя достают ткани, то меньше всего ожидают увидеть изображенные на них гроздья винограда и плоды гранатов. Да знали ли кочевавшие в монгольских степях скотоводы, что изображено на шерстяном полотнище, которое было помещено в могилу какому-то знатному человеку? Войлок, мех и кожа, кумыс, мясо и дикоросы, поклонение Небу, Солнцу и Луне – вот жизнь кочевников. Откуда эта изысканная ткань, что за история вышита на ней?*

*Ключевые слова:* Ноин-Ула, Северная Монголия, хунну, древний шерстяной текстиль, зороастрийцы.  
*Key words:* Noin-Ula, North Mongolia, Xiongnu, ancient wool textiles, Zoroastrian

# История,

Ключевые слова

# вышитая шерстью





Невозможно увидеть в этом комке грязи, обнаруженном на дне погребальной камеры 20-го ноин-улинского кургана, очертания ковра (внизу). Все его фрагменты оказались пропитаны слоем мелкодисперсной глины, через который с трудом различалось присутствие текстиля. Его удалось очистить и сохранить только благодаря долгой и кропотливой работе реставраторов под руководством Н. П. Синицыной, зав. сектором реставрации кожи отдела нетрадиционных технологий в реставрации ВХНРЦ им. ак. И. Э. Грабаря (Москва). Сейчас уникальный текстиль передан на хранение в Институт археологии Монголии (Улан-Батор)

Уже первые исследования курганов хуннского могильника Ноин-Ула в Северной Монголии, проведенные в 1924–1925 гг. экспедицией знаменитого путешественника П. К. Козлова, дали удивительные находки. Среди самых поразительных – фрагменты шерстяных вышитых ковров-драпировок, ныне хранящиеся в Эрмитаже. Было очевидно, что эти ткани не имеют отношения к кочевой культуре, в погребениях представителей которой они были обнаружены, хотя по поводу их происхождения мнения ученых разошлись.

Некоторые исследователи посчитали их греческими или греко-бактрийскими (Тревер, 1940; Боровко, 1925), а известный русский археолог С. И. Руденко предположил, что они «производились иноземными мастерами – бактрийскими и парфянскими, находившимися при ставках хунну» (1962, с. 108). Р. Гиршман (1962) увидел на фрагменте текстиля из 25-го кургана вышитую голову парфянина, а Г. А. Пугаченкова (1979) – изображение, похожее на бактрийского царя Герая. Однако относительно вышитой ткани из 6-го кургана она отметила, что «ни костюмы и головные уборы мужчин, ни упряжь их коней в искусстве Бактрии аналогов не имеют, а вместе с тем ткань эта, судя по орнаментации бордюров, несомненно, создана была в одном из эллинизированных, может быть в соседнем с Бактрией, центрах Среднего Востока» (там же, с. 173).

В результате в современной литературе все вышивки уже без всяких доводов фигурируют как «бактрийские»



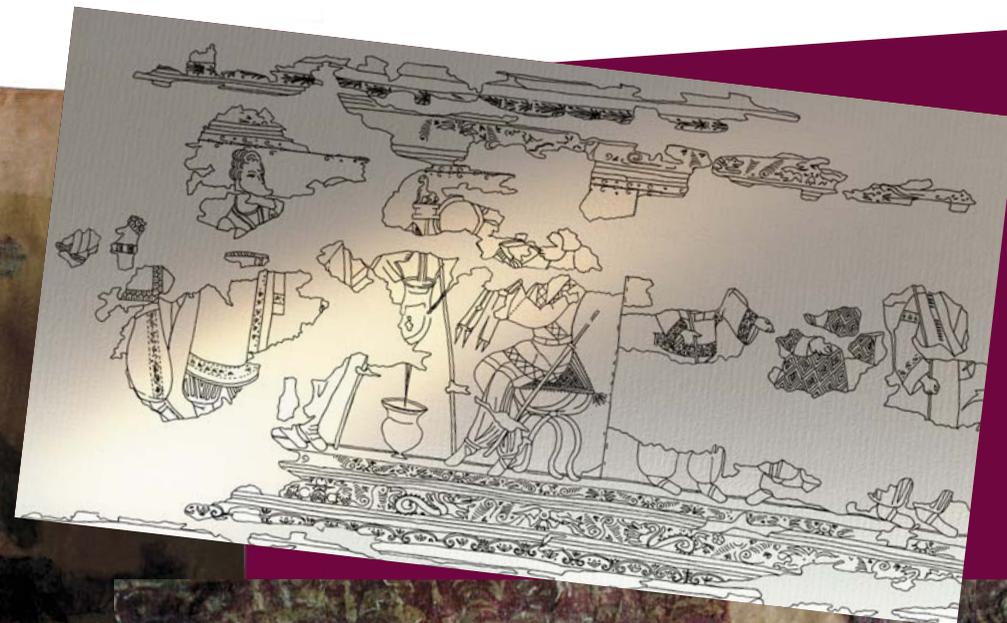
(Елихина, 2010). Фрагменты аналогичных вышитых драпировок в 20-м и 31-м ноин-улинских курганах, обнаруженные в 2006 и 2009 гг. российско-монгольской экспедицией, возвращают нас к вопросу о происхождении этих уникальных изделий и сюжетам, на них изображенным.

### Ковровая «живопись»

Сразу отметим, что все вышитые ковры-драпировки из ноин-улинских курганов (в том числе и вновь обнаруженные) были изготовлены в одном месте и в одно время. На их бесспорное сходство указывал еще

С. И. Руденко (1962), впервые полностью опубликовавший материалы ноин-улинских курганов.

Все ковры были произведены по одной схеме: вышивка делалась на длинных шерстяных полотнищах, сшитых из нескольких кусков одинаковой ткани определенным образом. Полотнища располагались поочередно по долевой и поперечной нитям – это делало изделие более прочным (определение – д. и. н. Т. Н. Глушковой). Сверху и снизу к коврам пришивались бордюры из широкой полосатой тесьмы, украшенной вышивкой. Внизу подшивалось ничем не украшенное полотно грубой ткани, по-видимому, исполнявшее функциональную роль (аналогичным образом у казахов производились



#### КНИГА БЕЗ ТЕКСТА

На ковре из 20-го ноин-улинского кургана изображена религиозная церемония. В центре события – процеживание и питье царем (жрецом) вина или хаомы. В церемонии участвуют вооруженные мужчины, одетые в сакские костюмы. Это воины-зороастрийцы, сражающиеся на стороне благих творений (Бойс, 1994).

Геродот писал о том, что персы принимали важные решения только в состоянии опьянения: «За вином они обычно обсуждают самые важные дела» (кн. 1, 133). Но есть все основания предположить, что речь идет о ритуальном возлиянии хаомой, опьянение которой дарует «всестороннее знание», о чем говорится в священной книге зороастрийцев «Авесте».

Вышитый сюжет композиционно во многом следует ахеменидским образцам и целиком принадлежит иранской культуре. Исходя из сочетания характерных лиц и других реалий (костюм, оружие, посуда, стул, орнаменты) и учитывая датировку погребальных комплексов, в которых эта и другие аналогичные ткани были найдены (последние годы I в. до н. э. — первые десятилетия I в. н. э.), можно предположить, что на вышитых коврах из хуннского могильника изображены сцены из жизни индо-скифских или сменивших их индо-парфянских династий, демонстрирующие их приверженность одной из форм зороастризма

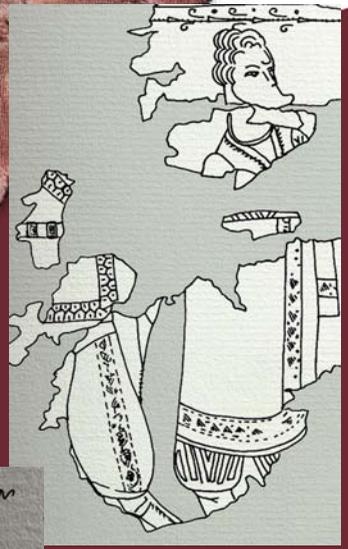
Прорисовки с ковра — Е. Шумаковой



Сохранилось лишь два фрагмента ковра, на которых можно различить очертания вышитых мужских лиц. Первое – лицо мужчины с пышными рыжими кудрями (как на монетных чеканах парфянских царей), прямым носом, большими глазами и высоким лбом (слева). Оно напоминает изображение на фрагменте росписи Башенного сооружения в Старой Нисе (Пилипко, 2010) и мужское лицо на стенной живописи Кух-и-Хваджа (Шлюмберже, 1985). На втором фрагменте изображен иной тип лица: с прической из прямых светлых волос, расчесанных на прямой пробор, который доходит почти до макушки, с открытым покатым лбом, длинными светлыми бровями и усами (внизу). Это изображение имеет некоторое сходство с лицом глиняной скульптуры из дворца Халчаяна (внизу слева), которая изображает мужчину из царского рода Гераичей, предположительно являющихся основателями Кушанской империи (Пугаченкова, 1979).



Мужчина – главное действующее лицо вышитой сцены, одет в короткую облегающую красную куртку с запахом на левую сторону, подпоясанную ремнем с прямоугольными пряжками. Куртка отделана широким кантом желтого цвета с геометрическим орнаментом – сеткой из ромбов. На скрещенных ногах – свободные длинные ноговицы, собранные у щиколотки и заканчивающиеся над коленями; мягкая обувь без каблуков, подвязанная под подъемом стопы. Наряд этого персонажа более всего близок к одежде парфянского вельможи на статуе из Шами (Шлюмберже, 1985) (слева). Такой костюм, называемый парфянским, носили парны – евразийский кочевой народ, который сначала владел Парфией, а затем и всем Средним Востоком. «Но при сравнении этого костюма с одеянием других сакских групп вся его специфика исчезает: точные соответствия можно найти почти всем его элементам, причем на территориях, удаленных от Парфии на тысячи километров» (Пилипко, 2001, с. 298—299)



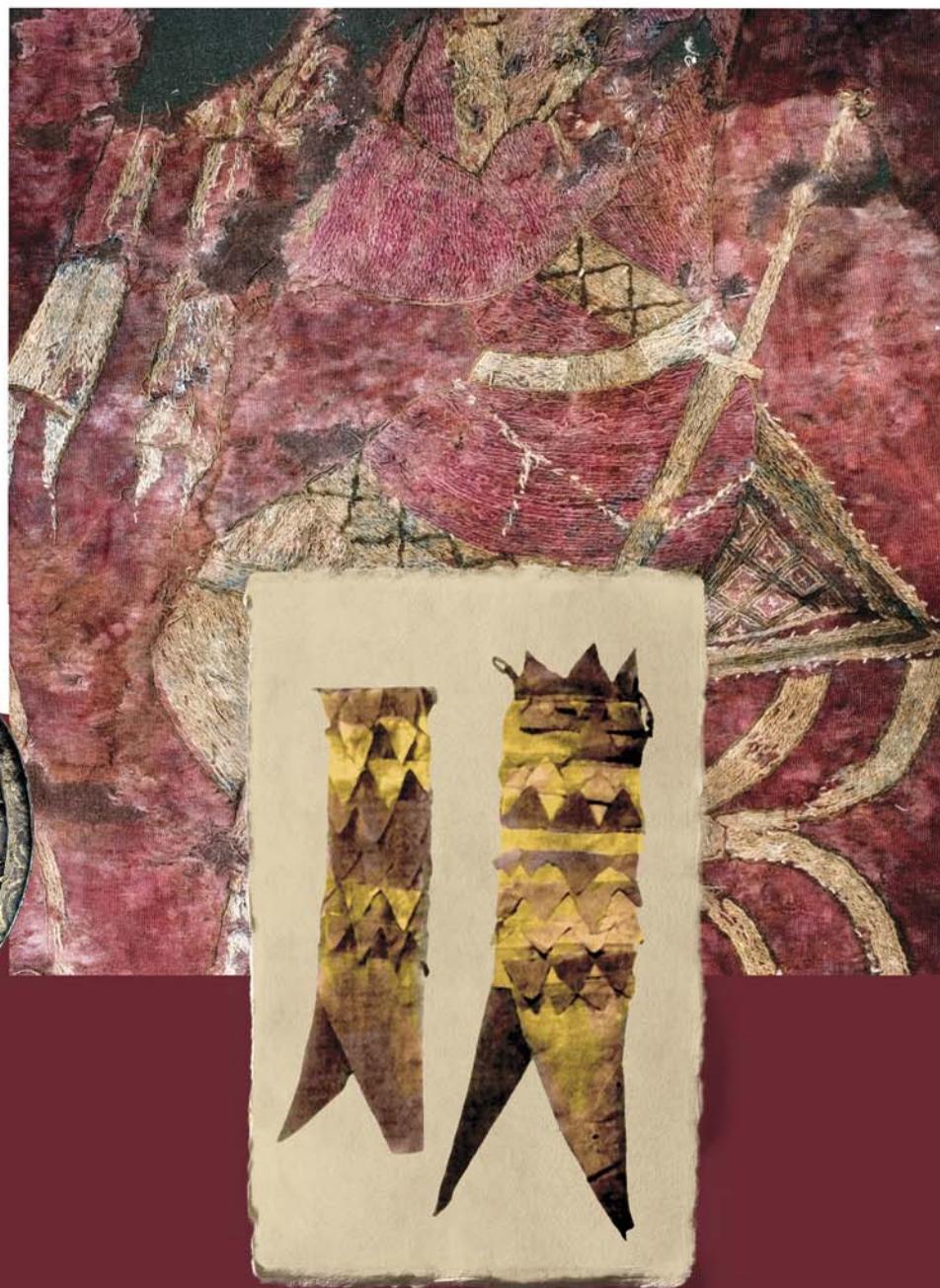
Один из стоящих мужчин одет в короткую куртку, другой – в длинный кафтан. Штаны длинные, собранные у щиколотки. У одного персонажа штанины украшены вертикальными орнаментальными полосами (справа) – характерная иранская отделка штанов, начиная с ахеменидского времени. Особо популярным этот прием стал в costume парфян, как это видно по скульптурным, живописным и графическим изображениям, найденным в парфянских городах (в центре – рисунок на глиняном кувшине из Ашура). Но украшенные таким образом мужские штаны известны и на другом краю Ойкумены – в Синьцзяне: они были обнаружены в погребении могильника Джумбулак-Кум и датируются V в. до н.э. (слева; раскопки К. Дэбен-Франкфорт, *Sciences et Avenir, Mai, 2008*)

прикроватные ковры, нижняя не украшенная часть которых прикрывалась постельными принадлежностями).

Сходна оказалась и сама ткань-основа ноин-улинских ковров – мягкая, тонкая, ровная, полотняного переплетения, с репсовым эффектом, очевидно, первоначально предназначавшаяся для одежды. Достаточно простая в изготовлении, но хорошего качества, она свидетельствует о высоком уровне ремесленного производства.

Одна деталь в костюмах вышитых на ковре мужчин оригинальна – это легкие развевающие ленты, на концах которых пришито по два треугольных лоскута. У центрального персонажа они свешиваются от поднятых рук (из-за утраты фрагментов ковра установить их точное место прикрепления невозможно). Подобные ленты присутствуют на изображениях богини Афины Паллады на монетах индо-греческого царя Менандра I Сотера (155—130 до н. э.), а затем индо-скифского царя Азеса II (58 г. до н. э.) (L'Asie des steppes, 2000). Позже они появляются уже у сасанидских персонажей, например, у Пероза в сцене охоты, изображенной на серебряном блюде из Эрмитажной коллекции (слева; Тревер, Луконин, 1979). Не исключено, что именно к подобным украшениям относились некоторые изделия из шелковой ткани с фестонами, обнаруженные в ноин-улинских курганах и названные погребальными флагами (справа; Руденко, 1962)

На способе вышивки стоит остановиться особо. «Для техники вышивки драпировок-ковриков характерно наложение на ткань разноцветных нитей слабой крутки и закрепление их на ее поверхности очень тонкими нитями» (Руденко, 1962, с. 105). Такой способ вышивки «в прикреп» характерен для тяжелого золотного шитья, которое встречается в погребениях уже с I в. до н. э. на территории Средней России, Западной Сибири, Памира, Афганистана (Елкина, 1986; Матющенко, Татаурова, 1997; Сариниди, 1989; и др.). Нить пряденого золота укладывалась по узору и закреплялась другой, возможно, шелковой. Ювелирная точность рисунка достигалась обводкой элементов узора золотым контуром. Этот прием был обнаружен при исследовании фрагментов золотного шитья из погребения знатной сарматки (Соколова Могила, Астраханская обл.) (Елкина, 1986). Именно



его использовали вышивальщики ноин-улинского текстиля, применяя для обводки шерстяную нить.

Высочайшая техника ноин-улинского шитья отражается в том, что для передачи художественных образов использовалось не столько различие цветов, сколько направление нитей вышивки – С. И. Руденко сравнивал ее с мазками живописи масляными красками (1962). При золотном шитье тяжелыми нитями способ вышивки «в прикреп» был единственно возможным. Но для шерстяной вышивки он не характерен и нигде в исторически обозримом прошлом больше не встречается. О причинах, послуживших толчком к появлению таких необычных вышивок, сегодня можно только гадать. Но следует заметить, что любой другой из принятых в это время способов вышивки в данном случае не подходил – ткань чересчур тонкая, а шерстяные нити – толстые.

У мужчин в коротких куртках на правом боку – привязанный к бедру кинжал, который крепится к ноге с помощью двух ремешков, отходящих от четырех лопастей ножен. Многочисленные деревянные ножны такой формы были обнаружены в пазырыкских могилах Горного Алтая (Кубарев, 1987). Этот вид ножен был унаследован от кочевников Центральной Азии парфянами, а затем – их преемниками сасанидами (Никоноров, 2005)



Шерсть была окрашена главным образом в разные оттенки красного. Для получения таких цветов использовался ряд красителей, в первую очередь лаккаиновая кислота («индийский лак»). Получают ее из лаковых червецов, родиной которых является Восточная Индия и граничащие с ней страны. Лаккаиновая кислота является своеобразным маркером, указывающим на появление на рубеже эр новых источников красящих веществ – среди красителей более древнего пазырыкского текстиля она не представлена (Балакина и др., 2006). Зато с ее помощью были окрашены шерстяные ткани, найденные в Пальмире и Дуре-Европосе – сирийских торговых городах, куда стекались ткани как восточного, китайского, так и западного происхождения (Schmidt-Colinet, Stauffer, 2000).

В Сирии шерстяные ткани окрашивались набором красителей из Средиземноморья и Индии (Bohmer,



Karadag, 2000), тот же состав красителей обнаружен и в шерстяном текстиле из Ноин-Улы. Можно предположить, что ткани и нити вышивки последнего были изготовлены и окрашены в западных сирийских мастерских, но это вовсе не означает, что там был создан и сам ковер.

## Мобильное искусство

Время производства уникального ноин-улинского текстиля можно определить по возрасту найденных вместе с ним лаковых китайских чашечек эр бэй. Судя по надписям, чашки были изготовлены в 9 и 2 гг. до н. э. (Чистякова, 2009). Основываясь на дате их производства, можно предположить, что в погребениях, в которых были найдены эти вещи, были похоронены люди, жившие во время правления узурпатора Ван Мана (9–23 гг. н. э.).

Это было время, когда хунну почти непрерывно совершали грабительские набеги на китайские поселения вблизи пограничной линии укреплений. Западный край (территория современного Синьцзяна, бассейн Тарима), по которому проходили северное и южное ответвления Шелкового пути, почти полностью находился под контролем хунну. Надеясь купить покой на границах, Ван Ман через своих послов задаривал подарками нового правителя хуннов шаньюя Улэй жоди (Кроль, 2005).

В этот период безудержного грабежа и обогащения могилы хунну, которые к концу I в. до н. э. стали устраивать по образу и подобию ханьских, заполнялись иноземными вещами. Это относится и к вышивкам, обнаруженным в ноин-улинских курганах, которые могли быть как частью китайских подарков шаньюю, так и самостоятельной добычей. Нельзя исключить и предположение С. И. Руденко, что ковры могли изготавливаться в ставках самих хунну иноземными мастерами из привозных материалов.

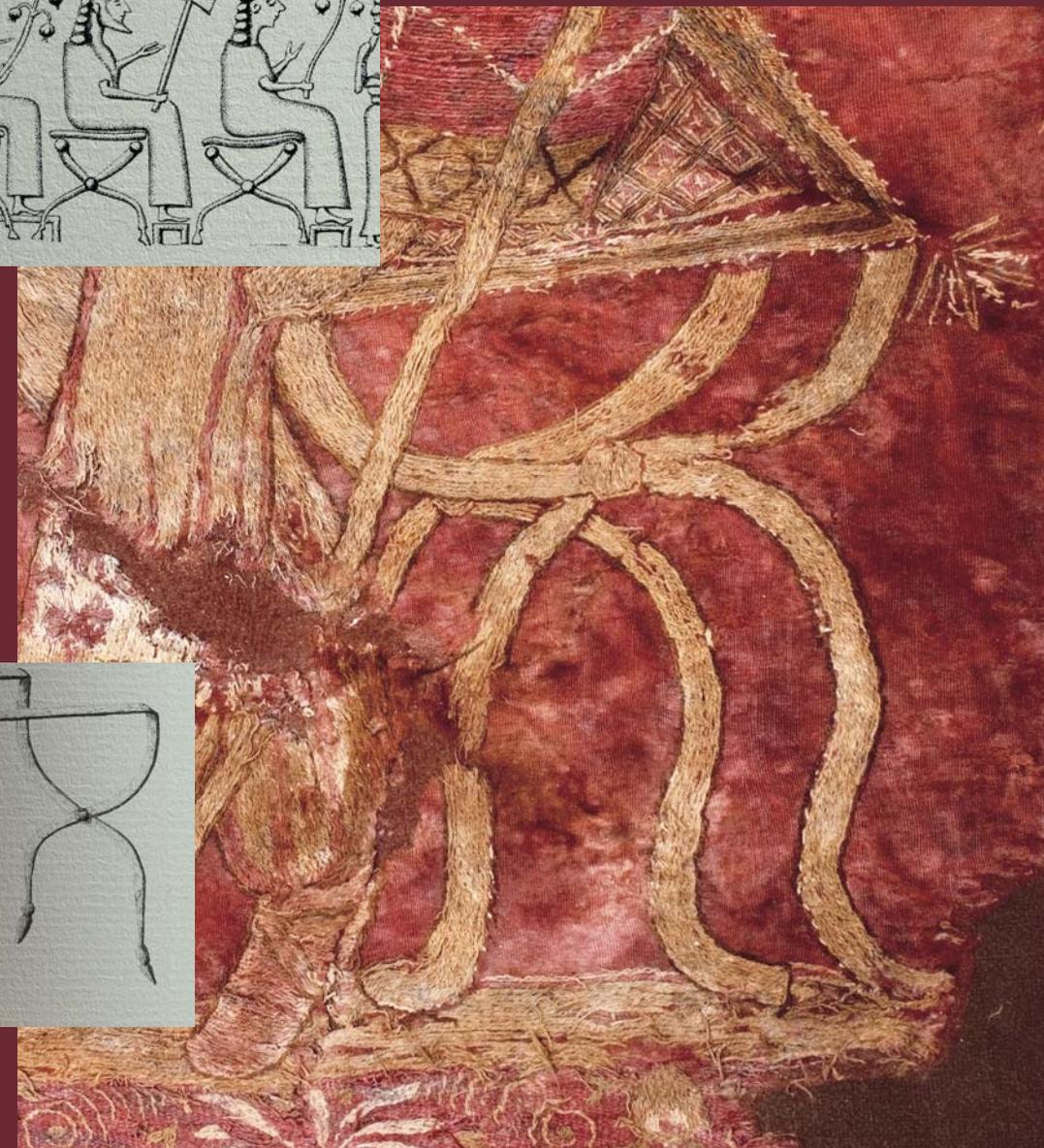
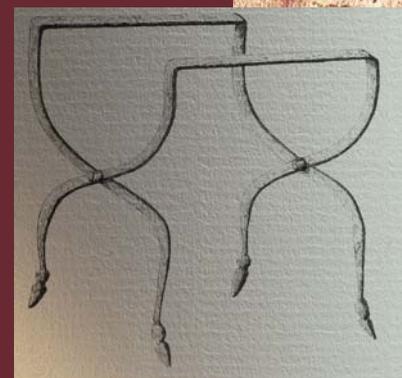
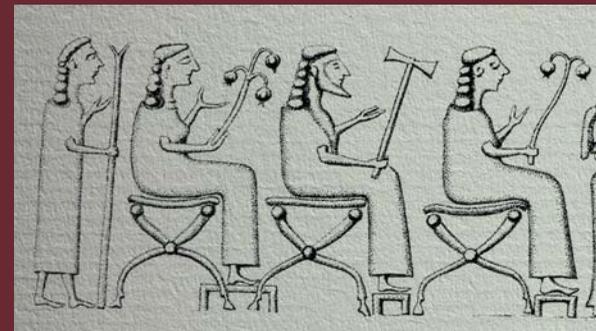
Популярность вышитых ковров у хуннской элиты может объясняться тем, что это было мобильное искусство, как нельзя более подходящее для кочевого быта. Вышивки, в отличие от фресок, могли путешествовать, являясь образцами для подражания. Известно, что для изготовителей мозаик существовали специальные собрания образцов, поэтому одни и те же композиции встречаются в Галлии, Сирии, Риме и Египте (Сидорова, Чубова, 1979). Подобные собрания образцов могли использовать и для копирования на ткань сложных сюжетов и орнаментов. Речь идет не о полном копировании, а скорее, о «цитировании» отдельных элементов, сцен, вещей, орнаментов.

Эти факты свидетельствуют о том, что отождествлять персонажей, изображенных на ткани, с авторами изделий не всегда правомерно. На текстиле так же, как на фресках, мозаиках и в скульптурных композициях, могли изображаться не только представители народа, к которому принадлежали мастера-вышивальщики, но и их ближние и дальние соседи, персонажи эпических сказаний и культовых сцен.

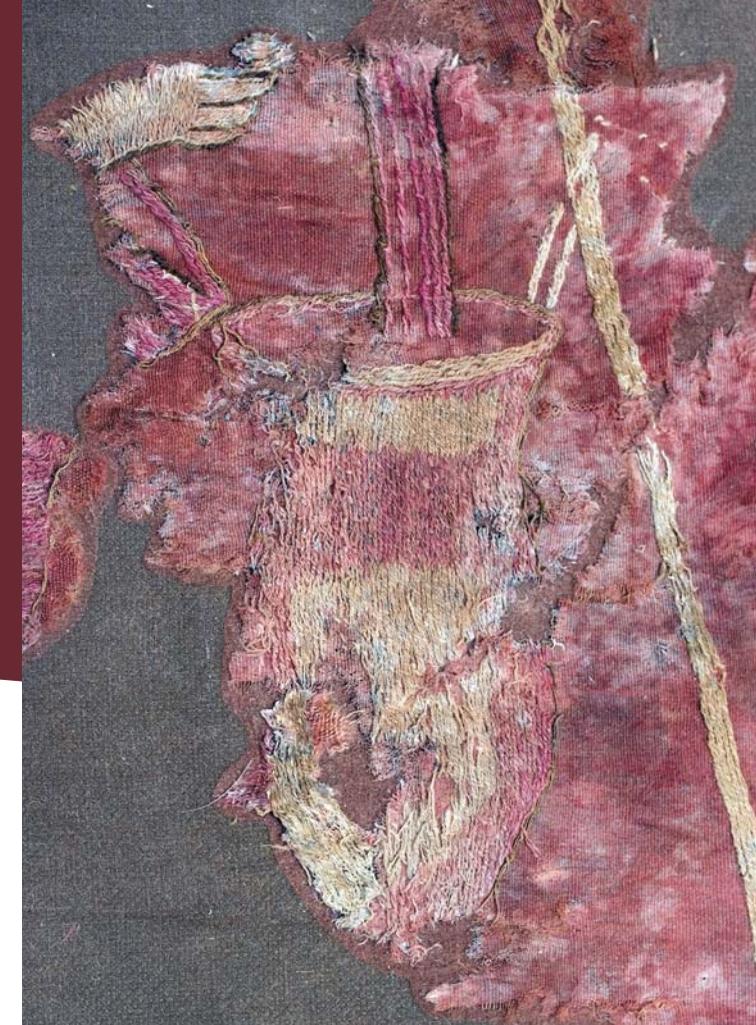
## На царском раскладном

Полностью восстановить ковер, обнаруженный в 20-м ноин-улинском кургане русско-монгольской экспедицией, не удалось. Рисунок вышивки частично рассыпался, истлела и большая часть самой ткани-основы. К счастью, лучше всего сохранилась центральная, главная часть вышитой на ковре композиции.

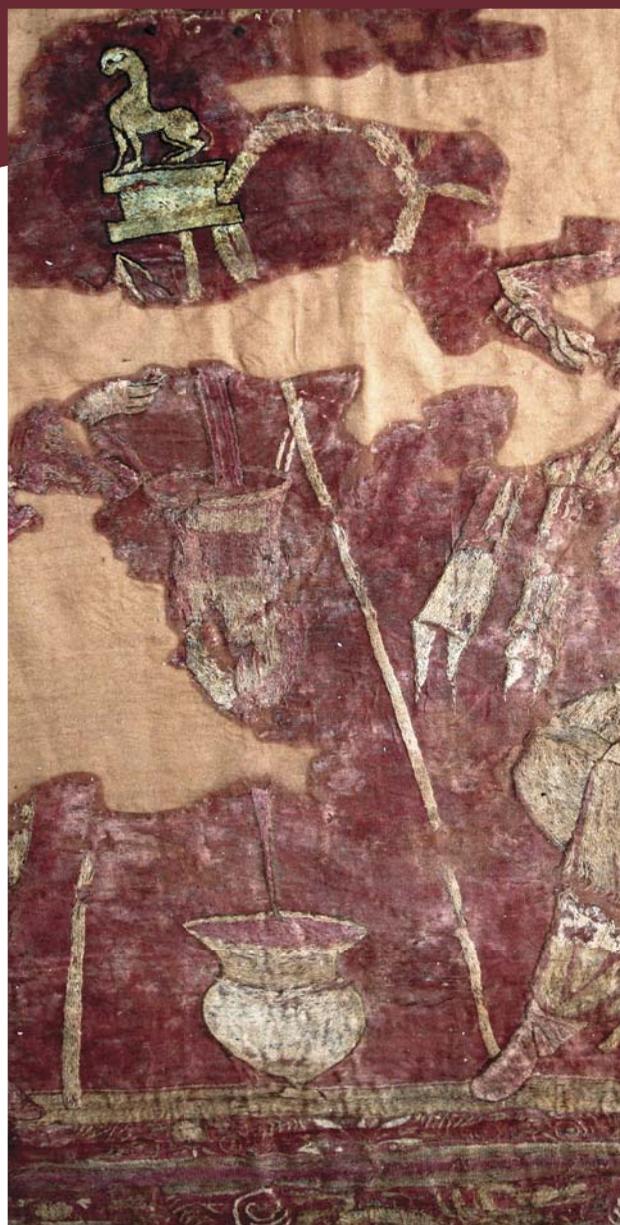
Все мужчины, изображенные на ковре, одеты в так называемый парфянский костюм, который принципиально не отличался от одеяний других сакских групп (Пилипко, 2001). Но одна деталь является оригинальной – две



Центральный персонаж сидит на складном кресле, на вышитой подушке или коврик с кисточками. Подобные кресла имеют давнюю историю, однако их изображения не встречаются в произведениях искусства, отражающих быт кочевых народов. Одно из самых древних складных кресел происходит из Египта периода Среднего Царства. В Древнем Риме право сидеть на табурете с плоским сиденьем из слоновой кости или металла и перекрещенными в виде буквы «Х» ножками имели только высшие чины, в случае нарушения ритуала кресло просто разбивалось. Ножки складных стульев часто оканчивались копытами, как, например, на изображениях на древнейших этрусских фризах из Сиены (Ратье, 1994) или греческой бронзовой подставке под зеркало первой половины V в. до н. э. (Richter, 1966). Изящными копытами оканчиваются и ножки кресла, чья металлическая часть была найдена в Таксиле (Marshall, 1951). Изображения кресел, подобных вышитому на ковре – без копыт или когтистых лап животных, – появляются в эллинистический период на помпейских фресках. Именно на таком изящном стуле, показанном в том же, что и на ковре, ракурсе, сидит бог врачевания Асклепий (Richter, 1966)



Перед мужчиной, сидящим на раскладном кресле, стоит высокая тренога, на которой за веревочки подвешен сосуд (цедилка). Мужчина, стоящий слева от треноги (от его изображения остались лишь небольшие фрагменты), льет в цедилку широкой струей напиток, вышитый красными нитками, – предположительно вино. Из цедилки струя напитка попадает в нарядный сосуд на ножке, стоящий на полу (или на земле), показанном широкой одноцветной вышитой полосой. Процеживание вина было необходимой процедурой, поскольку в древности не умели изготавливать вина без осадка. Треноги для процеживания вина неоднократно изображались на сасанидской и постсасанидской торевтике. Например, на хранящемся в Эрмитаже блюде с изображением царя, пирующего среди музыкантов и слуг (вверху; Тревер, Луконин, 1987)



Судя по вытянутым пропорциям изображенной на ковре цедилки, она тканная или плетеная. Подобные изделия были найдены в погребениях Синьцзяна (вверху; Wiczorek und Lind, 2007). Такие плетеные из травы и шерсти сосуды, вероятно, широко использовались в древности наряду с керамическими, каменными, роговыми, деревянными и металлическими

концами ткани, но в нашем случае показаны именно пришитые отдельно треугольные лоскуты, украшающие легкие, вероятно шелковые, ленты.

Подобные ленты стали обычным атрибутом более поздних сасанидских изображений: «существенную часть царского одеяния составляют бесчисленные развивающиеся ленты. Об „облаке лент“, в котором выезжал Шапур II, писал и Иоанн Златоуст» (Тревер, Луконин, 1987). Вероятно, они символизировали Фарн – божественную удачу и славу, чем и объяснялось их присутствие на одежде иранских владык.

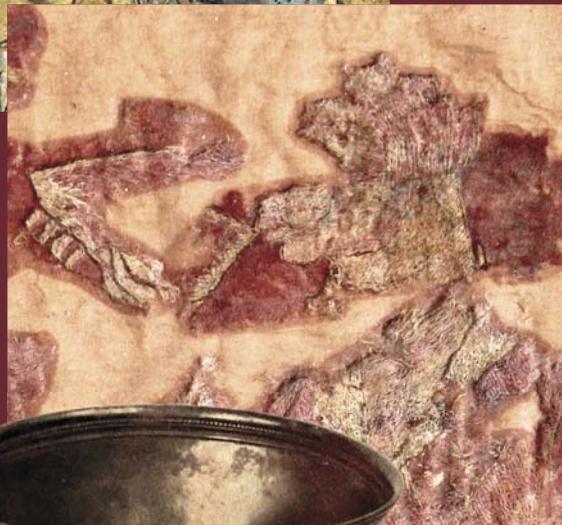
На левом боку сидящего мужчины висит длинный всаднический меч. Он крепится на портупейном ремне, подвешенном, вероятно, на скобе на ножках. Уже в

развивающиеся ленты, которые оканчиваются двумя треугольными лоскутами. Они видны как на изображении главного персонажа, так и на других фрагментах. Что означают эти необычные украшения?

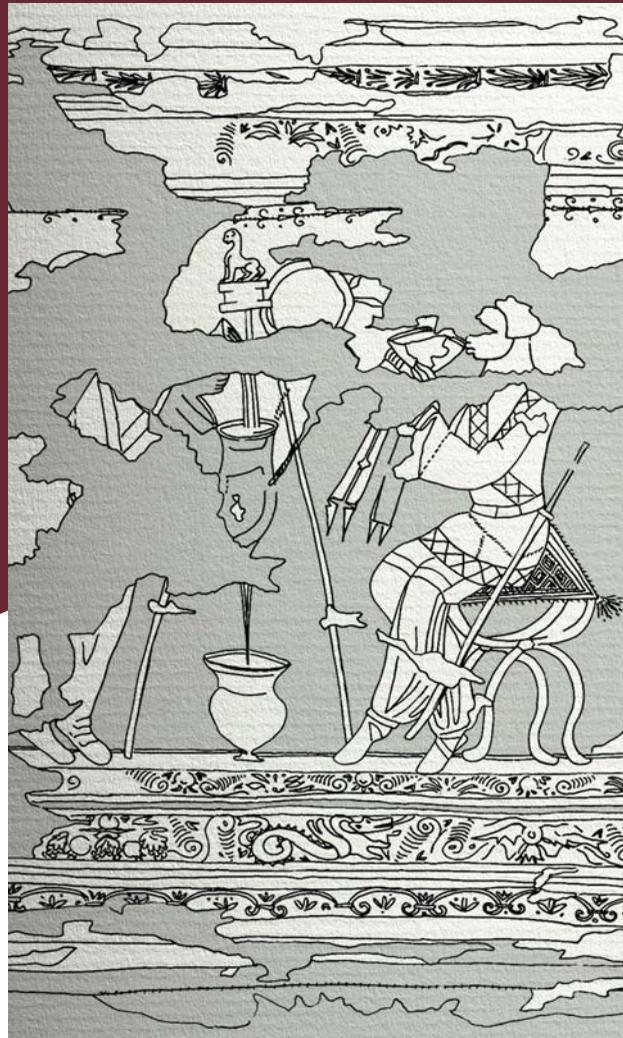
Подобные ленты можно увидеть на изображении Афины Паллады на монете индо-скифского царя Азеса II, а на более ранних греческих монетах Менандра I Сотера богиня изображена с шарфом, концы которого оформлены двумя треугольными выступами (L'Asie des steppes, 2000). Возможно, в греческом оригинале треугольные выступы являлись задрاپированными

Сосуд, в который льется процеженное вино, формой напоминает канфар (особой формы греческий сосуд для вина) без ручек и близок серебряным и бронзовым сосудам, обнаруженным в Таксиле (справа; Marshall, 1951). Подобный сосуд, только с крышкой, был обнаружен и в Гандхаре (Miho Museum, 2009)



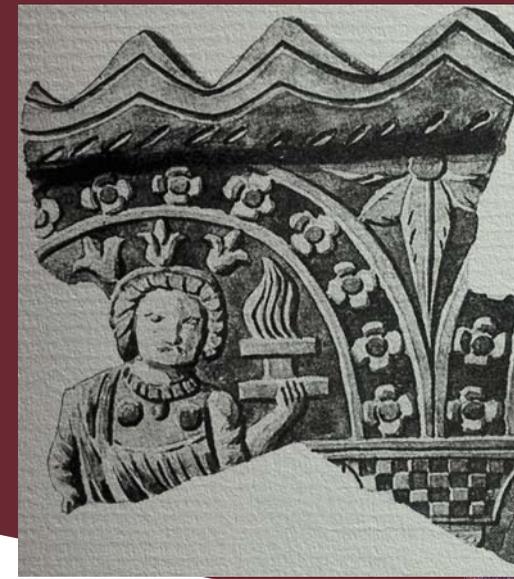


Мужчина, сидящий в центре композиции, подносит к губам чашу с напитком. На фрагменте ковра виден край подстриженных светлых волос, прилегающих к крепкой шее, мягкий бритый подбородок, вытянутые пухлые губы. Глиняные, стеклянные и металлические чаши полусферической и конусовидной формы широко использовались от Италии до Индии начиная примерно с середины II в. до н. э. Две такие серебряные чаши были найдены среди богатого инвентаря Артюховского кургана (Максимова, 1979). Чаши полусферической формы для питья характерны и для изображений сасанидского и постсасанидского времени: подобную чашу держит в руках царь в сцене пира, изображенный на блюде из коллекции Эрмитажа (вверху; Тревер, Луконин, 1979)



первые века н.э. такой способ крепления меча был широко распространен от Кореи до Восточной Европы (Хазанов, 2008). В целом все вооружение персонажей имеет центрально-азиатское происхождение.

Особое внимание привлекает складное кресло – предмет, известный с глубокой древности, но не характерный для быта кочевых народов. Такое кресло, концы ножек которого были оформлены в виде копыт, лишь однажды было найдено в погребении знатного воина-кочевника в Тилля-тепе (нач. I в. н. э.) (Сарианиди, 1989). Можно предположить, что в кругу ираноязычных кочевников складные стулья являлись статусной вещью, возможно, – аналогом царского трона.



Центральная палка треноги для процеживания напитка оканчивается небольшим, вышитым желтыми нитками навершием в виде прямоугольника с прямоугольными же вырезами по сторонам. Возможно, оно повторяет форму маленьких переносных алтарей, в которых зороастрийские священнослужители переносили храмовый огонь в дома во время праздников. Изображения таких алтариков есть на стенках глиняных средневековых оссуариев (вверху; Пугаченкова, 1987). На навершии изображено присевшее животное – предположительно, пантера, барс или гепард

### Священный напиток

В центре композиции – тренога для процеживания напитка (предположительно, вина). Процеживать вина было необходимо, поскольку в древности не умели готовить вина без осадка. Чтобы избежать чрезмерного брожения, превращающего вино в уксус, греки, например, добавляли в него различные «присадки» – смолы, золу от сожженной виноградной лозы, гипс, известь и даже толченный мрамор.

Центральная палка треноги оканчивается навершием в виде прямоугольника с вырезами, на котором изображен хищник – пантера, барс или гепард. Изображение пантеры может присутствовать как символ Диониса в сцене винопития, подчеркивая дионисийский характер происходящего.

Однако не исключено, что в данном случае на ковре изображен римский штандарт – один из тех, что был захвачен парфянами во время бесславных походов Марка Антония и Красса. Известно, что на одном из видов штандартов изображался гений – покровитель всей во-





Архаический орнамент. Пальмира.  
По: (Шлюмберже, 1985)



Бордюры, окаймляющие ковер, состоят из трех полос орнаментов. На центральной полосе вышиты изображения идущих навстречу друг другу крылатых гиппокампов, между которыми расположены гирлянды из виноградных гроздьев, закрученных в спираль виноградных усиков и гранатов. Образ чудовища – новый для ноин-улинского текстиля. У него змеиная изогнутая шея, голова с разинутой пастью, напоминающей крокодила; змеиное тело оконтуривает острый зубчатый гребень, а закрученный в кольцо хвост заканчивается рыбьим плавником. Изображения крылатых гиппокампов, в отличие от бескрылых, являющихся греческим изобретением, – довольно редки. Близкие им по времени аналоги можно найти на каменных пакетках Таксилы (слева; Marshall, 1951) –

специфической форме восточно-эллинистического искусства, на крышке серебряного сосуда из Косики и фризе серебряного сосуда из частной коллекции (Treister, 2005) – парфянских, по нашему мнению. Дальнейшую историческую судьбу этих фантастических зверей можно проследить по изображениям на храмовой фреске в Пянджикенте: в сцене ритуального пиршества согдийской знати, сопровождаемого жертвоприношением. Между головами сидящих парят существа с головой и передними ногами коня, с птичьими крыльями и змеиным хвостом, внешне очень схожие с гиппокампами начала I в. н.э. (Дьяконов, 1954). Нужно отметить, что в этих сценах они имеют явно благопожелательную символику, возможно являясь олицетворением фарна (удачи, победы, счастья)

В вышивках на бордюрах, пришитых к полотнищу с основной сценой, наряду с гиппокампами присутствуют изображения плодов граната и кистей винограда – символов важнейшего зороастрийского осеннего праздника Михрагана, сопровождающегося ритуалами, связанными с вином и водой. Орнаментальные композиции, из которых состоят бордюры, играют большую роль в понимании всей вышитой на ковре сцены. По мнению П. Флоренского (1993), орнамент в незапамятные времена применялся как «священное ограждение вещей и вообще всей жизни от приражения злых сил, как источник крепости и жизненности, как средство освящающее и очищающее». Наполненные благопожелательной символикой орнаментальные композиции ковра подчеркивают культовый характер изображенной на нем сцены, освящая и охраняя ее

инской части. «Чаще всего в подобном качестве выступали различные животные, а начиная с Августа – знаки зодиака» (Рубцов, 2003, с. 107). Среди эмблем легионов были козерог, пегас, вепрь, баран, аист, лев, волчица, кентавр (Ян Ле Боэк, 2001). В таком случае штандарт, вышитый на ковре, – почетный парфянский трофей, напоминание о победе над римлянами, а сам ковер можно атрибутировать как парфянский. Над треногой рядом с пантерой вышит предположительно венки. Венки изображались на знаменах легионов, а также являлись наградой римским офицерам.

С другой стороны, венки – обычный атрибут культуры греческого бога Диониса, позже изображавшийся на различных сасанидских памятниках. Венки, так же как и дионисийские персонажи, «получили зороастрийскую интерпретацию и стали символами одного из важнейших зороастрийских осенних празднеств Михрагана, сопровождающегося ритуалами, связанными с вином и водой. Эти венки плелись из цветов и специальных трав. Их должны были носить жрецы, читавшие «Ясну» во время праздничного ритуала...» (Луконин, 1977, с. 160). Этому празднику были посвящены плоды граната и кисти винограда, также присутствующие в вышивках на бордюрах ковра. Гранаты и цветы были одними из символов почитаемой зороастрийцами богини Анахиты.

Судя по археологическим свидетельствам, культы дионисийского характера были широко распространены в Средней Азии эллинистического времени. «В них сливались греческие и местные черты, восходящие к авестийскому культу священной Хаомы» (Кошеленко, 1966, с. 38). Праздника, посвященного Хаоме – древнему божественному напитку, обладающему определенным психоделическим эффектом – у зороастрийцев нет, но без него не обходилась ни одна культовая церемония. Первоначально главный священнослужитель сам приготавливал хаому, пил ее, а потом ее давали всем присутствующим (Дорошенко, 1982). Напиток, состоящий из нескольких ингредиентов, обязательно процеживался.

Треноги для процеживания вина неоднократно изображались в сценах пира на сасанидской и постсасанидской торевтике (Тревер, Луконин, 1987). Но на этих изделиях тренога не выносилась на передний план: обычно ее изображение, причем небольшого размера, помещалось на нижнем сегменте изделия. Очевидно, в этих случаях процеживание вина имело исключительно утилитарное значение в отличие от явно сакрального действия, изображенного на ковре из 20-го ноин-улинского кургана.

На рассмотренном ковре изображена религиозная церемония. В центре события – процеживание и питье

царем (жрецом) вина или хаомы. В церемонии участвуют вооруженные мужчины, одетые в сакские костюмы, на них полный набор «восточного» оружия (длинные мечи с прямым перекрестием и длинной рукоятью, крепящиеся к поясу с помощью скобы, кинжалы в ножнах с четырьмя лопастями для крепления на бедре, копья и пояса, застегивающиеся с помощью прямоугольных пряжек). Быть вооруженным на празднике или религиозном действии – это иранская черта, все зороастрийцы – это воины, сражающиеся на стороне благих творений (Бойс, 1994, с. 81). Композиционно изображенный сюжет во многом следует ахеменидским образцам и целиком принадлежит иранской культуре, в которой находит свое продолжение. Ленты на костюме царя, изображенного на вышитой композиции, превратятся в облако лент на костюмах сасанидских владык, а тренога для процеживания священного напитка, составленная, вероятно, из копий и штандарта, – в простое приспособление для процеживания вина во время пира.

Если исходить из сочетания характерных лиц и реалий (костюм, оружие, посуда, стул, орнаменты) в совокупности с датой погребальных комплексов, в которых данная и аналогичные ткани были найдены, то можно предположить, что вышитые на ковре события могли отражать сцены из жизни индо-скифских или сменивших их индо-парфянских династий

**Н**адо признать, что рассматриваемый ковер, как и его аналоги из других ноин-улинских курганов, таит в себе еще много загадок.

Мы изучили ткань и пришли к выводу, что она была изготовлена, скорее всего, в сирийских мастерских и предназначалась для одежды. Ковер, сшитый из этой ткани и тесьмы, был вышит в период между последними годами I в. до н.э. – первыми десятилетиями I в. н.э. в среде парфян или индо-скифов, людей, исповедовавших одну из разновидностей зороастризма, но не чуждых традиций эллинизма. Сцена, изображенная на ковре, носит культовый характер, что бы ни пил сидящий на складном стуле царь – вино или хаому.

Кажется, мы узнали немало, но есть много вопросов, на которые еще предстоит ответить.

Как попадали эти наполненные глубоким содержанием изделия к хунну? Добыча, распределяемая шаньюем среди родственников и приближенных? Или свидетельство пока еще не известных нам хунно-парфянских связей? Какое значение имели эти изделия для хунну? Как они использовались? Возможно, ответы на эти и многие другие вопросы находятся на дне ноин-улинского кургана, который мы сейчас исследуем.

Российско-монгольская экспедиция,  
Ноин-Ула, май 2011 г.



#### Литература:

- Бойс М. Зороастрийцы. Верования и обычаи. СПб.: Центр «Петербургское Востоковедение», 1994. 282 с.
- Кошеленко Г. А. Культура Парфии. М., 1966. 220 с.
- Крадин Н. Н. Империя хунну. М.: Логос, 2002. 312 с.
- Полосьмак Н. В. Мы вытили Сому, мы стали бессмертными... // НАУКА из первых рук. 2010. № 3 (33). С. 50–59.
- Полосьмак Н. В., Богданов Е. С. На 18 метров в глубину веков // НАУКА из первых рук. 2006. № 6 (12). С. 14–23.
- Пугаченкова Г. А. Искусство Бактрии эпохи кушан. М., 1979.
- Руденко С. И. Культура хуннов и ноин-улинские курганы. М.; Л.: Изд. АН СССР, 1962. 203 с.
- Тревер К. В. Памятники греко-бактрийского искусства. Л. 1940.
- Тревер К. В., Луконин В. Г. Сасанидское серебро. Собрание Государственного Эрмитажа. Художественная культура Ирана III–VIII веков. М.: «Искусство», 1987. 155 с., с илл.
- Хазанов А. М. Избранные научные труды: Очерки военного дела сарматов. СПб.: Филологический факультет СПбГУ, 2008. 294 с.
- Шлюмберже Д. Эллинизированный Восток. М.: «Искусство», 1985. 203 с.
- Bohmer H., Karadag R. Fabanalytische untersuchungen / Schmidt-Colinet A., Stauffer A., Khaled Al-As Ad. // Die textilien aus Palmyra. Mainz: Verlag Philipp von Zabern, 2000. P. 82–89.
- Ghirshman R. Iran. Parther und Sasaniden. Munchen: Verlag C. H. Beck, 1962.
- Marshall J. Taxila. Cambridge: Cambridge University Press, 1951. V. I. 391 p.



# ПОДПИСКА для ЮРИДИЧЕСКИХ ЛИЦ

Стоимость подписки на полугодие – 1080 руб.  
Стоимость подписки на год – 2160 руб.



## Чтобы оформить подписку на 2011 г., заполните заявку:

1. Полное наименование организации \_\_\_\_\_
2. Юридический адрес \_\_\_\_\_
3. ИНН/КПП \_\_\_\_\_
4. Тел./ факс \_\_\_\_\_
5. E-mail \_\_\_\_\_
6. Контактное лицо (Ф.И.О. полностью) \_\_\_\_\_
7. Ваши реквизиты для получения изданий по почте \_\_\_\_\_  
Почтовый адрес (включая индекс) \_\_\_\_\_
8. Получатель издания в организации (отдел, Ф.И.О.) \_\_\_\_\_
9. Прошу выслать счет на подписку  
журнала «НАУКА из первых рук» на первое, второе полугодие, год (нужное подчеркнуть),  
количество экземпляров \_\_\_\_\_  
почтой  факсом  e-mail

## и вышлите ее по адресу:

**Редакция журнала  
«НАУКА из первых рук»  
630055, г. Новосибирск,  
ул. Мусы Джалиля, 15.**

или отправьте по факсу:  
8 (383) 332-15-40

или по e-mail: [zakaz@infolio-press.ru](mailto:zakaz@infolio-press.ru)

Счет на оплату будет выслан  
в течение трех рабочих дней после  
получения заявки

**По всем вопросам обращаться:**  
Тел.: 8 (383) 332-15-40, 332-67-33.  
Факс: 8 (383) 332-15-40,  
e-mail: [zakaz@infolio-press.ru](mailto:zakaz@infolio-press.ru)

Вы также можете оформить  
подписку на нашем сайте:  
[www.sciencefirsthand.ru](http://www.sciencefirsthand.ru)  
[www.sibsciencenews.org](http://www.sibsciencenews.org)

## Платежные реквизиты:

ООО «ИНФОЛИО»,  
ИНН 5408148073  
КПП 540801001  
Р/счет 407 02 810 603 120 002 214  
в ОАО «МДМ БАНК»,  
г. Новосибирск  
Кор/счет 30101810100000000821,  
БИК 045004821

## Подписка по каталогам:

Каталог агентства  
**«Роспечать»:**  
**46495** — для индивидуальных подписчиков  
**46498** — для предприятий  
и организаций  
Объединенный каталог  
**«Пресса России»:**  
индекс **42272**





Тажеранские степи в Прибайкалье – часть  
уникального реликтового природного комплекса.  
*Фото В. Короткоручко*