

Познавательный журнал для хороших людей

# НАУКА

из первых рук

3

3<sup>(33)</sup>  
● 2010

НАУКА ИЗ ПЕРВЫХ РУК

№ 3 (33) 2010

НА БЫСТРЫХ  
ЭЛЕКТРОНАХ

ПУТЕШЕСТВЕННИК  
ЗА ДРЕВНИМИ  
КНИГАМИ

ВОЛШЕБСТВО  
КАТАЛИЗА

ЛАМАРК —  
СОЗДАТЕЛЬ  
ЭВОЛЮЦИОННОГО  
УЧЕНИЯ

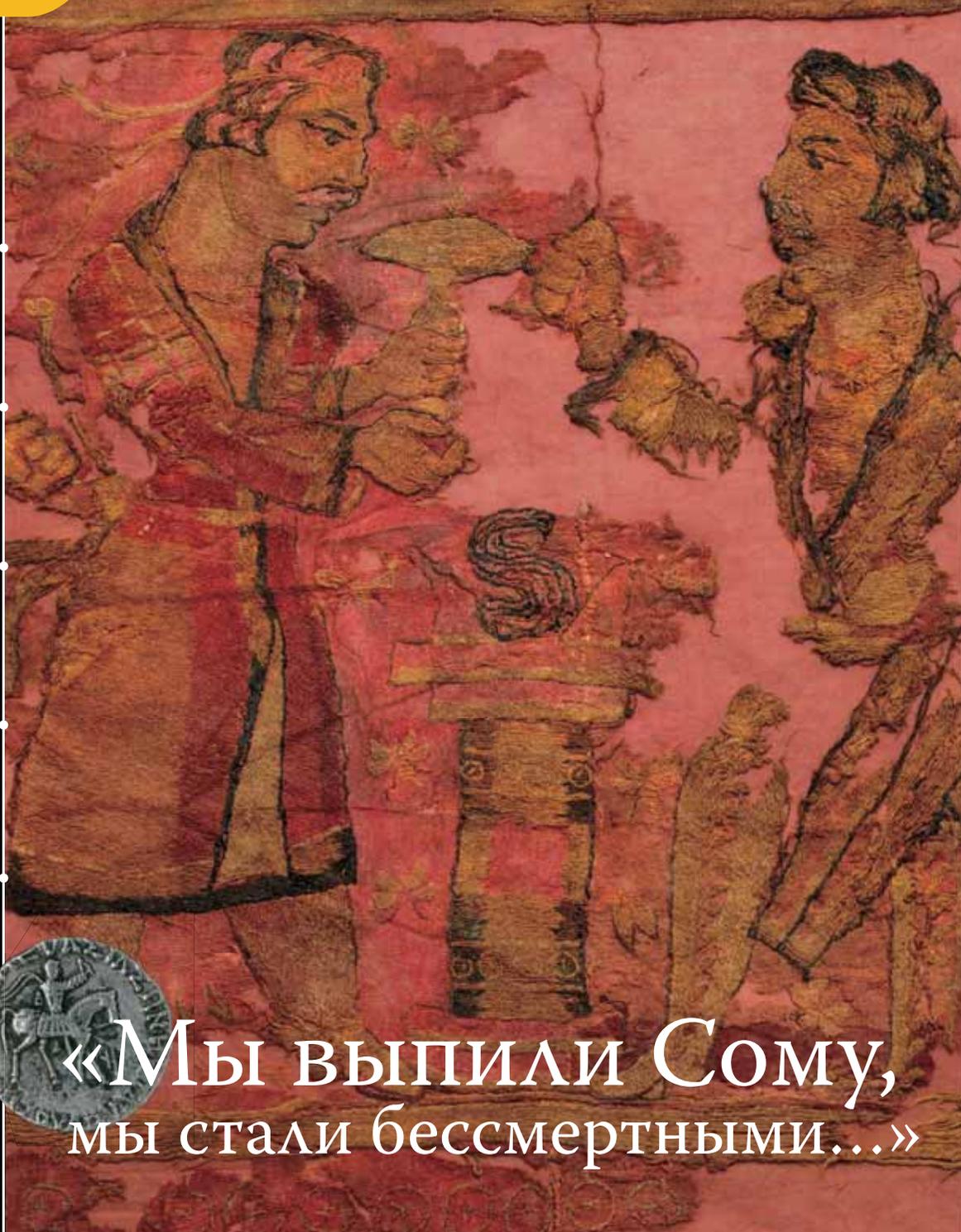


ISSN 18-10-3960

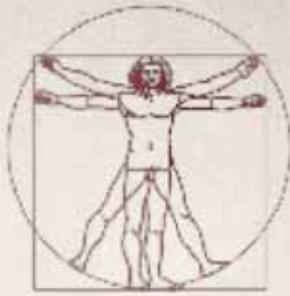


33

«Мы выпили Сому,  
мы стали бессмертными...»



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

чл.-кор. М.Д. Новопашин

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 12.07.2010

Свободная цена

Перепечатка материалов только  
с письменного разрешения редакции

© Сибирское отделение РАН, 2010  
© «ИНФОЛИО», 2010

#### Над номером работали

Л. Беляева

А. Владимировна

М. Кошелева

А. Мистрюкова

Т. Надточий

к. б. н. Л. Овчинникова

Л. Панфилова

к. ф.-м. н. Е. Прохоров

М. Третьякова

А. Харкевич

С. Янушко

#### Дорогие друзья!

Семь лет прошло с того дня, когда в Сибирском отделении Российской академии наук было принято решение о создании своего научно-популярного журнала: «НАУКА из первых рук» была зарегистрирована в Комитете РФ по печати 23 июня 2003 г. Через полгода вышел пилотный номер, главной темой которого стало происхождение и эволюция жизни на Земле, а летом следующего года – первый выпуск, посвященный оз. Байкал, природному феномену Сибири.

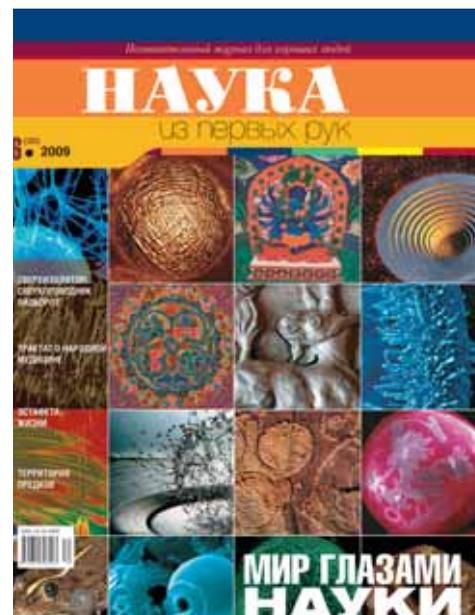
Шесть лет – срок для периодического издания не большой, однако вполне достаточный, чтобы подвести некоторые итоги и очертить перспективы. Нужно отметить, что за эти годы наш журнал приобрел и собственное лицо, и определенную известность. Подтверждением этого служит успех презентации сибирского журнала на Общем собрании РАН, состоявшемся в мае 2010 г.

Мы привезли в Москву для участников собрания экземпляры последнего выпуска, который был посвящен успехам сибирской науки в 2009 г., а также достижениям наших ученых по укреплению обороноспособности страны. На важнейшем академическом форуме страны «НАУКА из первых рук» не осталась незамеченной.



Я, как главный редактор, получил много похвальных отзывов об издании от членов академии, известных ученых: как тех, кто читает журнал регулярно, так и тех, кто увидел его впервые. Среди них – известный микробиолог академик Г.А. Заварзин, директор Института палеонтологии РАН, академик А.Ю. Розанов, иностранный член РАН, бывший президент Киргизии А.А. Акаев и многие другие. Положительно отозвался о журнале и премьер-министр В.В. Путин, которому его передал прямо в президиуме собрания академик А.Л. Асеев, нынешний председатель СО РАН.

Судя по отзывам моих коллег, наш журнал уже хорошо известен в московских и питерских научных кругах. Более того, его читают по всей России: почти половина наших подписчиков – из европейской части России, в том числе из российской «глубинки». Многие подписчики получают его уже в течение 3–5 лет, причем, как показали опросы, читают журнал практически «от корки до корки». Наши читатели есть и во многих странах ближнего и дальнего зарубежья, где работает немало наших бывших соотечественников. С самого



начала издания журнала было принято решение издавать английскую версию, что также способствовало его популярности. К сожалению, с 2008 г. выпускается только ее электронный вариант, но мы надеемся, что в будущем и печатный вариант удастся возобновить.

Можно с уверенностью утверждать, что сегодня наше издание заняло свое место в ряду других отечественных научно-популярных журналов, включая таких «патриархов», как «Наука и жизнь», «Химия и жизнь», «Природа» и другие. А в чем-то, как утверждали мои коллеги на собраниях, даже превзошло их.

Вопросы науки, ее места и роли в развитии экономики страны в последнее время широко обсуждаются на страницах российской прессы. Журнал «НАУКА из первых рук» делает это в своем оригинальном формате, придавая первостепенное значение содержательной составляющей научных разработок (что практически невозможно сделать в полной мере в обычной периодической печати) и при этом пользуется современными выразительными иллюстративными средствами.

Кстати сказать, семь лет назад было очень много споров о том, каким должен быть новый журнал. Должен ли он ориентироваться на самую широкую аудиторию или преимущественно на относительно узкие научные круги? В результате остановились на промежуточном варианте: журнал должен быть понятен и интересен массовому читателю, но научный уровень публикаций должен быть высоким.

Считаю, что нам это в значительной мере удалось, в первую очередь – за счет привлечения к сотрудничеству многих известных российских и зарубежных ученых. Не последнюю роль сыграли и современный дизайн, и высокое полиграфическое качество.

Конечно, процесс становления нового журнала был непростым, да и не все сразу отнеслись к нему доброжелательно – ведь до этого Сибирское отделение выпускало исключительно специализированные научные журналы. Более того, до сих пор еще полностью не изжита и такая точка зрения: зачем, мол, академическим учреждениям заниматься пропагандой научного знания? Не наше это дело: мы – ученые, а не просветители.

Поэтому нам с первых шагов пришлось убеждать некоторых коллег (в первую очередь – делом, личным участием), что периодическое издание о новейших достижениях ученых в формате «популярно из первых рук» просто необходимо. Ведь оно не только несет пропагандистскую, просветительскую функцию, но и представляет собой своеобразное лицо Сибирского отделения, связывая воедино те самые междисциплинарные контакты, интегрированные направления работы, которые имеют в современной науке особое значение и являются характерной особенностью сибирской науки.

Кстати сказать, особое внимание в журнале мы стараемся уделять пропаганде достижений региональных научных центров, которые, с одной стороны, занимаются чрезвычайно интересной тематикой (от якутских алмазов до бурятских народных целителей), с другой – «на месте» решают проблемы своих регионов.

Одна из особенностей «НАУКИ из первых рук», которая была определена изначально, – «фокусная» подача материала, когда часть выпуска посвящается одной крупной проблеме или теме. Как упоминалось выше, один из первых номеров номер был почти полностью «отдан» Байкалу, его богатствам и проблемам. Этот номер в силу своей актуальности и насыщенности

информацией до сих пор востребован среди читателей. В фокусе выпусков журнала обсуждались наиболее актуальные проблемы энергетики, молекулярной биологии и генетики, медицины. Большим успехом у читателей пользовались выпуски, посвященные фундаментальной проблеме происхождения и эволюции жизни, а также «открытию Сибири» – истории освоения и изучения огромного зауральского региона.

Последний номер «НАУКИ из первых рук», подаренный участникам общего собрания Российской академии наук, имеет двойной «заряд»: во-первых, мы стремились рассказать о важнейших (далеко не всех) направлениях деятельности Сибирского отделения на благо России и современного общества. И второе – дали весьма любопытные материалы о вкладе сибирских ученых в разработку некоторых видов современного вооружения.

В частности, мало кто знает, например, что академик М.А. Лаврентьев стал лауреатом Сталинской премии за разработку атомного артиллерийского снаряда – эта работа стала для него своеобразным «трамплином» к созданию Сибирского отделения АН. Об этом проекте рассказал академик Д.В. Ширков, самый молодой участник атомного проекта. И что не где-нибудь, а в алтайском городке Бийске в свое время был создан первый завод по производству твердого ракетного топлива. И уж совсем удивительным покажется многим, что в далеких от океанов и морей в академических сибирских институтах занимались вопросами надежности и безопасности подводного флота СССР.

Спектр тематики наших публикаций очень широк, хотя приоритет отдается тем научным направлениям, где результаты исследований можно напрямую использовать для решения проблем общества (лечение

и профилактика болезней, промышленные инновации, разработка сырьевых ресурсов и т.д.). Тем не менее существует ряд интереснейших фундаментальных исследований – например, в математике, физике, о которых трудно говорить языком, понятным широкой аудитории. Поэтому мы всегда находимся в поиске авторов, обладающих особым редким даром – талантом просто говорить о сложном.

Что касается общей генеральной линии нашего издания, то она заключается не в борьбе с «лженаукой», хотя это, безусловно, является важным и необходимым для общества делом. Мы видим свою задачу в отражении лучших достижений отечественной науки, стремимся не столько обличать плохое, сколько пропагандировать хорошее – актуальные направления, живые исследования, и, что очень важно – людей, самоотверженных в своем служении новому знанию.

В новом выпуске журнала мы продолжим публикацию достижений сибирских ученых в прошедшем году. К этому у нас есть и новый достойный повод: наши земляки, д.ф.-м.н. Н. А. Винокуров из Института ядерной физики СО РАН и академик В. Я. Пармон из Института катализа СО РАН стали лауреатами Государственной премии РФ в области науки и технологий за 2009 г. Столь высокой наградой был отмечен выдающийся вклад сибиряков в создание лазеров на свободных электронах и развитие каталитических методов глубокой переработки углеводородного сырья и использования возобновляемых ресурсов.

Также мы не могли обойти вниманием еще одно значимое для научного сообщества событие: 80-летний юбилей крупнейшего специалиста в области Российской истории и археологии академика Н. Н. Покровского из Института истории СО РАН. С его именем связано «археологическое открытие Сибири»: десятки экспедиций под руководством Покровского и его учеников не только позволили создать одно из крупнейших в стране собраний древнерусских рукописей и старопечатных книг, но и открыть богатейший мир письменной духовной культуры русских крестьян-староверов в огромном регионе от Урала до Дальнего Востока.

На как бы ни менялись темы наших публикаций, главной темой «НАУКИ из первых рук» всегда остается позитивный настрой, вера в возрождение былой славы российской науки – вот идеология, которую исповедует не только весь издательский коллектив, но и наши авторы. Я уверен, без такой убежденности заниматься столь непростым делом, как популяризация науки, невозможно.

академик Н. Л. Добрецов,  
главный редактор



# Государственные премии РФ — сибирякам

В День России, 12 июня 2010 г. в Георгиевском зале Большого Кремлевского дворца состоялось вручение Государственных премий Российской Федерации за 2009 г. Государственная премия РФ служит высшим признанием заслуг деятелей науки и культуры перед обществом и государством, и присуждается за выдающиеся работы, открытия и достижения, результаты которых существенно обогатили отечественную и мировую науку и оказали значительное влияние на развитие научно-технического прогресса. Премия носит персональный характер и присуждается, как правило, одному соискателю однократно.

В этом году присуждение Государственных премий в области науки и технологий вылилось в настоящий триумф сибирской науки: две из трех премий получили новосибирцы, сотрудники Сибирского отделения РАН.

Высшей государственной наградой были отмечены д. ф.-м.н. Н. А. Винокуров (Институт ядерной физики СО РАН) – за достижения в области разработки и создания лазеров на свободных электронах, и академик В. Н. Пармон (Институт катализа СО РАН) – за крупный вклад в развитие теории и практики каталитических методов глубокой переработки углеводородного сырья и использования возобновляемых ресурсов. Сегодня на страницах нашего журнала мы предоставляем слово самим лауреатам



Н. А. ВИНОКУРОВ

## На быстрых ЭЛЕКТРОНАХ

Лазеры на свободных электронах – мощные источники когерентного излучения, возникающего при движении заряженных частиц в периодическом магнитном поле и близкого к синхротронному излучению. Главная область применения таких установок – исследования в сфере материаловедения, химии, кристаллографии, физики твердого тела, молекулярной биологии

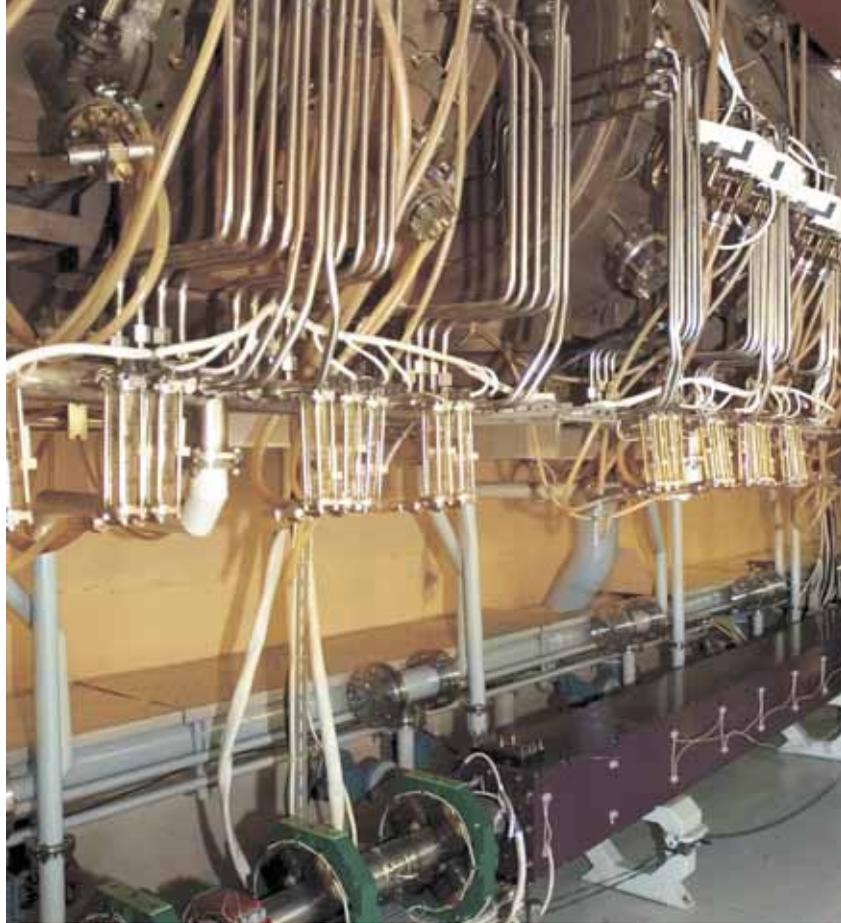


Устройства для преобразования энергии электронов, движущихся почти со скоростью света, в энергию электромагнитного излучения получили название *лазеров на свободных электронах* (ЛСЭ).

Общепризнанным достоинством этого устройства, выделяющего его среди других лазеров, является возможность получения монохроматического излучения на любой длине волны в беспрецедентно широком диапазоне от 0,1 нм до 1 мм. При этом возможна относительно быстрая перестройка лазера с одной длины волны на другую в интервале до десятков процентов.

**Ключевые слова:** лазеры на свободных электронах, ускорители заряженных частиц, синхротронное излучение  
**Key words:** free electron lasers, charged particle accelerators, synchrotron radiation

ВИНОКУРОВ Николай Александрович – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН (Новосибирск). Специалист в области физики и техники лазеров на свободных электронах (ЛСЭ). Под его руководством созданы не только все ЛСЭ в Новосибирском научном центре, но и самый малогабаритный в мире ЛСЭ для Института атомной энергии в Корею. Более десяти лет представляет Россию в оргкомитете международных конференций по ЛСЭ. Лауреат Международной премии по лазерам на свободных электронах (1991), Премии им. Комптона (1995) и Государственной премии РФ (2010). Награжден орденом Дружбы (2007). Автор и соавтор около 200 научных публикаций, в том числе 150 – в международных изданиях



Первая очередь установки с ЛСЭ, запущенная в апреле 2003 г., в отличие от полномасштабного варианта имеет единственный канал транспортировки электронов

## Усилитель излучения

Процесс излучения электрическим зарядом электромагнитной волны можно представить как отрыв части его электрического поля. Это означает, что в пустом пространстве излучают лишь заряды, движущиеся с ускорением, в то время как электрон движется по прямой линии с постоянной скоростью. Чтобы он начал излучать, надо заставить его двигаться волнообразно. Обеспечить такое движение можно, например, с помощью статического электрического или магнитного полей.

Еще в 1947 г. советский физик В. Л. Гинзбург предложил использовать периодическое поле для усиления интенсивности излучения быстрой заряженной частицы и рассчитал параметры такого излучения. Позже было создано устройство под названием *ондулятор*, создающее периодическое магнитное поле для организации особого движения электронов по волнистой траектории вдоль продольной оси прибора. Возникающее при этом усиление электромагнитного излучения составляет суть работы ЛСЭ, а сам усилитель электромагнитного излучения собственно и является лазером на свободных электронах.

Такое название можно объяснить тем, что в лазерах других типов используется излучение электронов, связанных со своим атомом, или в полупроводниковых лазерах – с кристаллом. Однако и в ЛСЭ электроны не совсем свободны, так как они совершают вынужден-

ные колебания в ондуляторе. Работа любого лазера основана на явлении вынужденного излучения, обусловленного соответствующей синхронизацией отдельных излучателей (электронов, атомов, молекул) внешней усиливаемой волной. В ЛСЭ синхронизация происходит за счет продольной группировки электронов.

К сожалению, электронный коэффициент полезного действия ЛСЭ (доля энергии электронов, преобразуемая в энергию электромагнитного излучения) весьма невысок – не более 1%. Это связано как раз с нарушением условия синхронизма для замедленных электронов пучка.

Циклическая подача излучения с выхода усилителя на его вход может приводить к самовозбуждению усилителя, превращая его в генератор. В случае ЛСЭ усилитель преобразуется в генератор с помощью *оптического резонатора* – двух зеркал, расположенных слева и справа от ондулятора на его продольной оси. Электромагнитная волна циркулирует между зеркалами, усиливаясь при каждом проходе через ондулятор (для компенсации дифракционной расходимости излучения зеркала часто делают вогнутыми).

Рост интенсивности излучения такого генератора, впрочем, имеет свои пределы, обусловленные, например, практически полной группировкой электронов во второй половине ондулятора.



Принципиальная схема устройства лазера на свободных электронах (ЛСЭ)

### КАК ЛСЭ УСИЛИВАЕТ СВЕТ

Представим, что в ондулятор входят монохроматическая электромагнитная волна длиной  $\lambda$  и пучок быстрых электронов, равномерно распределенных вдоль продольной оси прибора и движущихся со скоростью  $v$ , почти равной скорости света.

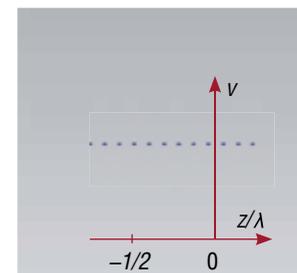
Каждый электрон движется в ондуляторе вдоль слабоволнистой траектории. Для сильного (резонансного) взаимодействия электрона и электромагнитной волны необходимо обеспечить выполнение условия синхронизма: при прохождении одного периода траектории электрон должен отставать от волны ровно на ее длину  $\lambda$  (в силу огромных скоростей величина  $\lambda$  очень мала). Если энергия электронов и длина волны таковы, что удовлетворяется условие синхронизма, то происходит перераспределение энергии частиц.

Сначала средняя энергия электронов не меняется, но происходит ее модуляция, и пучок разбивается

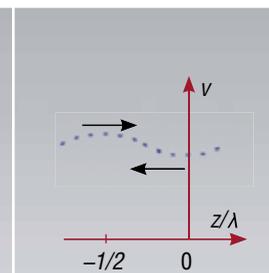
на слои толщиной  $\lambda/2$  с чередующимся знаком отклонения энергии от начальной величины.

Однако частицы с меньшей энергией летят медленнее, а с большей – быстрее. В результате «быстрые» слои догоняют «медленные», что приводит к модуляции плотности электронов примерно с периодом  $\lambda$ .

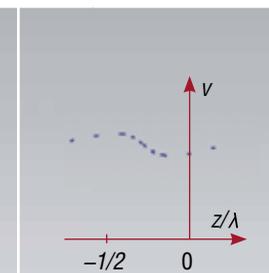
Во второй половине ондулятора повторяется то же самое: замедление и ускорение чередующихся слоев, но только теперь энергию теряют слои с большей плотностью частиц, а приобретают слои – с меньшей. При этом средняя энергия электронов падает и в соответствии с законом сохранения энергии мощность электромагнитной волны растет. Вот таким образом ЛСЭ усиливает электромагнитное излучение, используя энергию быстрых электронов



На входе в ондулятор все частицы имеют одинаковую скорость и равномерное продольное распределение



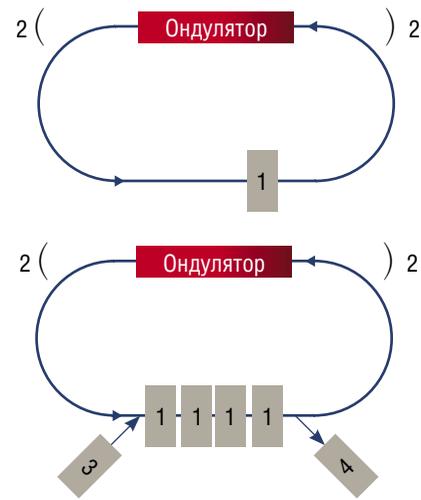
В средней части ондулятора одни частицы теряют энергию, другие – приобретают; их продольное распределение начинает меняться из-за различия в скоростях



Во второй половине ондулятора из-за относительного сдвига частиц образуются области их уплотнения и разрежения (вблизи  $-1/4$  и  $+1/4$  соответственно)

В ондуляторе под действием попутной электромагнитной волны меняется скорость электронов, что отражается на их продольном распределении

$\lambda$  – длина волны;  
 $z$  – продольная координата электрона;  
 $v$  – скорость электрона



Стандартные схемы установки с ЛСЭ на базе электронного накопителя (вверху) и ускорителя-рекуператора. Стрелками показана траектория движения электронов. 1 – высокочастотный резонатор, 2 – зеркала оптического резонатора, 3 – источник электронов низкой энергии, 4 – поглотитель замедленных электронов

**ПОГОНЩИКИ ЭЛЕКТРОНОВ**

Для хорошей работы ЛСЭ требуется высокоэнергетический электронный пучок с малыми поперечными размерами и небольшим разбросом по скоростям. Такие пучки можно получить только на электронных ускорителях, являющихся самой сложной, габаритной и дорогостоящей частью установок с ЛСЭ. Размеры современного электронного ускорителя могут составлять сотни метров, а его энергопотребление – десятки мегаватт. Из-за низкого электронного КПД ЛСЭ желательно возвращать энергию отработанных электронов в ускоряющую систему. В установках с ЛСЭ используются два типа ускорителей.

К одному из них относятся широко используемые в фундаментальных научных исследованиях *электронные накопители*, в которых электроны движутся вдоль замкнутой траектории (орбиты). При этом электрон может оставаться в накопителе несколько часов (время жизни ограничено рассеянием на молекулах остаточного газа, который всегда есть в вакуумной камере накопителя). Такие ускорители применяются в экспериментах по физике элементарных частиц и для генерации рентгеновского излучения.

При использовании накопителя пучок электронов, отдавший часть энергии в ондуляторе ЛСЭ, проходит через поворотные магниты ускорителя и снова возвращается в ЛСЭ для повторного использования. Поскольку при

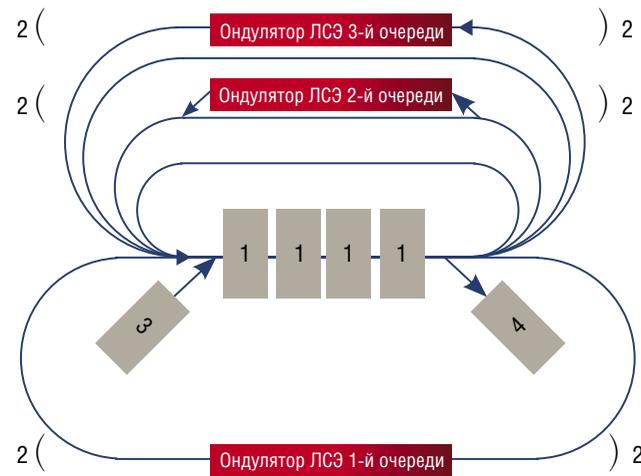
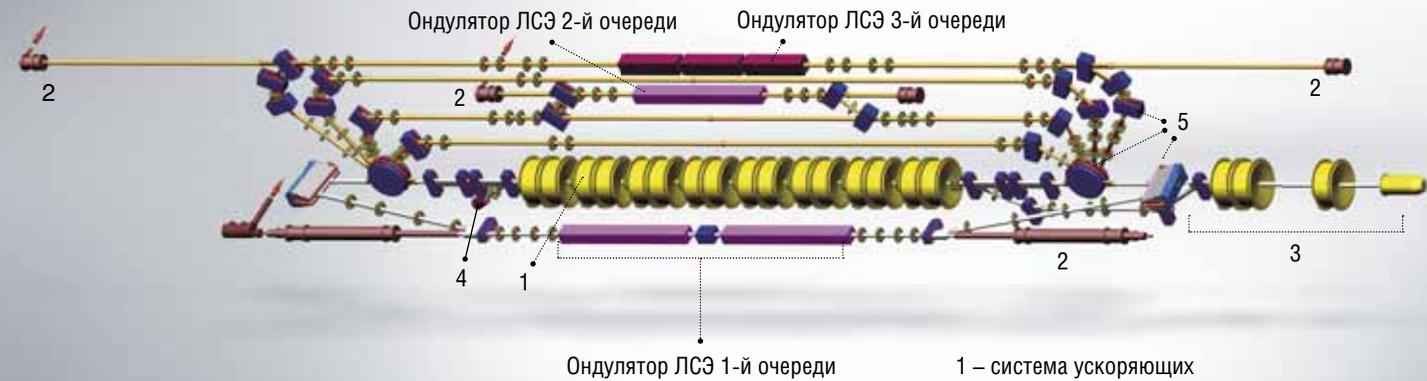


Схема (вверху) и общий вид (справа вверху) ► полномасштабной установки Сибирского центра фотохимических исследований. Замкнутыми линиями на схеме показаны электронно-оптические каналы транспортировки электронов (стрелки указывают направление)

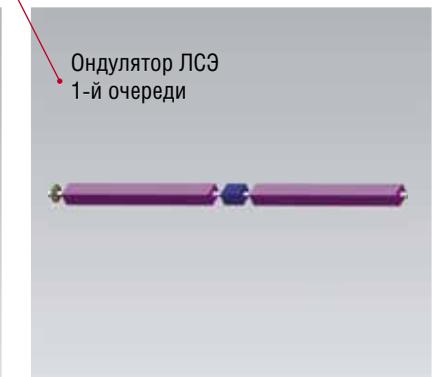
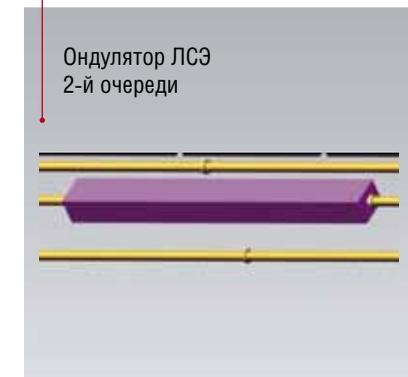
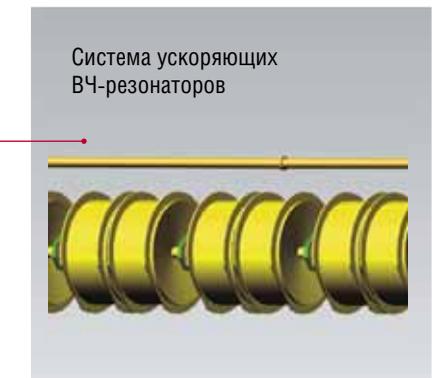
взаимодействии с излучением в ондуляторе одни частицы ускоряются, а другие – замедляются, каждый проход через ЛСЭ приводит к нарастанию энергетического разброса электронного пучка. Хотя средняя потеря энергии излучающими электронами восполняется высокочастотным (ВЧ) резонатором с продольным электрическим полем, растущий энергетический разброс частиц ограничивает среднюю мощность излучения ЛСЭ на базе накопителя несколькими ваттами.

Для повышения мощности излучения ЛСЭ в 1978 г. А. Н. Скринский и Н. А. Винокуров предложили применить так называемый *ускоритель-рекуператор (УР)*. При использовании такого ускорителя пучок электронов ускоряется в нескольких стоящих друг за другом ВЧ-резонаторах, отдает часть своей энергии в ондуляторе ЛСЭ, после чего замедляется в тех же ВЧ-резонаторах, возвращая энергию, затраченную на его ускорение. Применение УР позволяет получать большие средние токи электронов и существенно снижает радиационную опасность установки.

Современные лазеры на свободных электронах, использующие УР, генерируют излучение со средней мощностью более 10 кВт. Теоретически обоснована возможность применения таких установок для получения излучения со средней мощностью более 100 кВт



1 – система ускоряющих ВЧ-резонаторов, 2 – зеркало оптического резонатора, 3 – источник электронов низкой энергии, 4 – поглотитель замедленных электронов, 5 – поворотный магнит



На полномасштабной установке, генерирующей излучение для Сибирского центра фотохимических исследований, планируется иметь три ЛСЭ на базе единого ускорителя-рекуператора. Режим работы установки регулируется простым переключением поворотных магнитов

## Инструмент познания

Для Института ядерной физики СО РАН создание ускорителей заряженных частиц является одной из основных и традиционных тематик, поэтому его устойчивый интерес к разработке ЛСЭ при наличии такой мощной базы вполне понятен.

Работы по созданию лазеров на свободных электронах начали проводиться в институте с 1977 г., когда А. Н. Скринский и Н. А. Винокуров предложили модификацию ЛСЭ (*оптический клистрон*), значительно повысившую усиление прибора по сравнению с классической схемой. В процессе разработки новых ЛСЭ в ИЯФе впервые в мире заработал ондулятор на постоянных магнитах с регулировкой амплитуды магнитного поля при помощи изменения рабочего зазора, а спустя несколько лет появились гибридные ондуляторы на постоянных магнитах. Как переменный зазор, так и гибридная конструкция ондуляторов сейчас стали общепринятыми и применяются на всех источниках синхротронного излучения.

Реализованная в 1988 г. оригинальная конструкция ондулятора большой длины в оптическом клистроне на накопителе ВЭПП-3 оказалась настолько удачной, что неоднократно использовалась позже в различных отечественных и зарубежных установках, а нам позволила получить излучение рекордно короткой (для ЛСЭ) длины волны 0,24 мкм в ультрафиолетовом диапазоне и небывало узкого ( $10^{-6}$ ) спектра. Кстати, этот рекорд продержался более 10 лет.

Важнейшим этапом развития ЛСЭ в новосибирском Академгородке стала организация Сибирского центра фотохимических исследований на базе Института химической кинетики и горения СО РАН, который в начале девяностых годов возглавлял академик Ю. Н. Молин.

В институте к тому времени давно работала лаборатория лазерной фотохимии под руководством А. К. Петрова, сотрудники которой активно поддержали идею коллективного использования учеными различных специальностей излучения мощной лазерной установки на быстрых электронах, способной легко варьировать

его параметры в широких пределах. Несмотря на известные трудности переходного десятилетия и благодаря энтузиазму участников проекта, ЛСЭ 1-й очереди с длинами волн в диапазоне 120–240 мкм был запущен в 2003 г. Отмечу, что его средняя мощность 500 Вт является мировым рекордом для источников излучения в терагерцовом диапазоне частот.

Год назад начал работать ЛСЭ 2-й очереди. На этом лазере получено когерентное излучение с длинами волн в диапазоне 40–80 мкм с наибольшей в мире средней мощностью – около 500 Вт. В этом году излучение ЛСЭ 2-й очереди стало доступно ученым для проведения экспериментов в различных областях науки.

Генерируемое установкой лазерное излучение по каналу с сухим азотом доставляется к пользовательским станциям, на которых оно используется сотрудниками академических институтов и Новосибирского государственного университета для проведения исследований по физике твердого тела, химии и биологии, в том числе на наноструктурном уровне. Сейчас работает шесть таких экспериментальных станций.

**И**спользование мощного субмиллиметрового излучения с перестраиваемой длиной волны в качестве уникального исследовательского инструмента открывает перед учеными принципиально новые возможности и перспективы. Скажем, сотрудниками трех институтов СО РАН совместно разработан метод «мягкой абляции» для исследования биологических макромолекул (например, ДНК), использующий малость энергии фотона субмиллиметрового излучения. Энергия фотона настолько мала, что излучение не разрушает исследуемую молекулу и более того – сохраняет ее биологическую активность.

На ближайшее будущее планируется дальнейшее повышение мощности излучения действующих лазеров и размещение на установке ЛСЭ 3-й очереди с длинами волн в ближнем инфракрасном диапазоне 5–30 мкм. Планов в этой интересной и перспективной области познания всегда много.

## БУДУЩЕЕ НЕ ВСПОМНИТЬ

Благодаря высокой яркости излучения из длинного ондулятора на электронном накопителе ВЭПП-3 удалось провести цикл уникальных экспериментов по изучению влияния квантовых флуктуаций на движение одного циркулирующего в накопителе электрона. Было показано, что это движение таково, как если бы оно было вызвано действием случайной силы, и схоже с броуновским движением малой частицы в жидкости. Однако причины случайности этих процессов кардинально различаются.

Траектория броуновского движения не является истинно случайной, поскольку при знании начальных скоростей молекул жидкости в принципе можно рассчитать и движение самих молекул, и движение частицы под их ударами. «Случайность» броуновского движения связана с нашим незнанием этих микроскопических параметров системы. В случае движения электрона все необходимые для расчета параметры известны, но при этом движение электрона принципиально непредсказуемо. Проведенные эксперименты дают один из немногих примеров истинно случайного процесса, который, в частности, доказывает принципиальную непредсказуемость будущего, демонстрируя, что «Бог играет в кости»

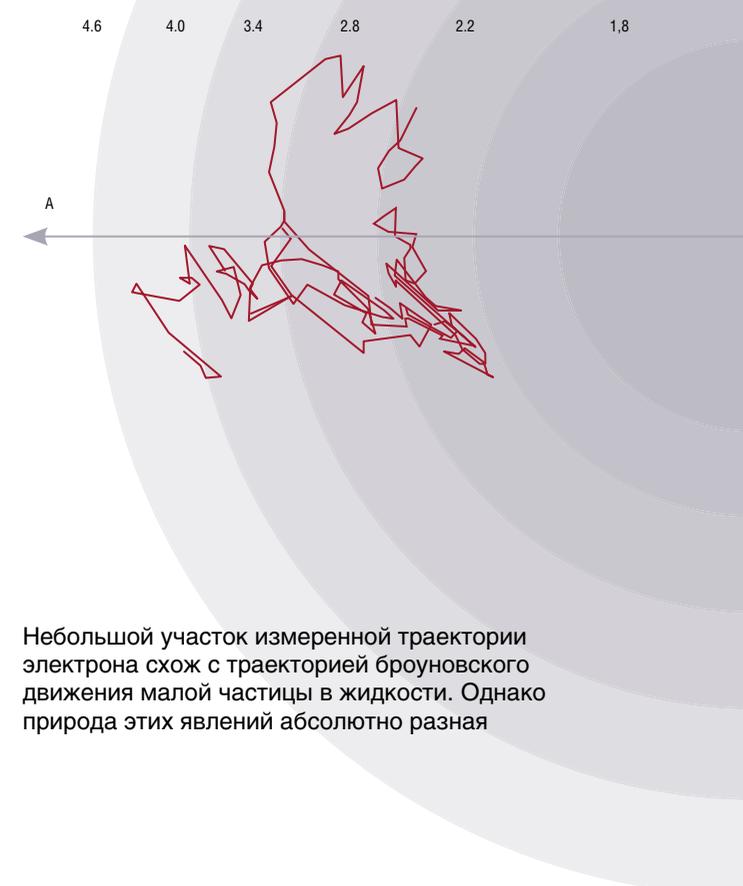
### Литература

Маршалл Т. Лазеры на свободных электронах / Пер. с англ. М.: Мир, 1987.

Агафонов А. В., Лебедев А. Н. Лазеры на свободных электронах. М.: Знание, 1987.

Кулипанов Г. Н. Изобретение В. Л. Гинзбургом ондуляторов и их роль в современных источниках синхротронного излучения и лазерах на свободных электронах // Успехи физических наук. 2007. 177, С. 384

Brau C. Free-Electron Lasers. Boston: Academic Press, Inc., 1990.



Небольшой участок измеренной траектории электрона схож с траекторией броуновского движения малой частицы в жидкости. Однако природа этих явлений абсолютно разная

В. Н. ПАРМОН

# Волшебство КАТАЛИЗА



**Ключевые слова:** катализаторы, фотокатализ, химический инжиниринг, каталитические процессы, водородная энергетика, биоразлагаемые полимеры  
**Key words:** catalyst, photocatalysis, chemical engineering, catalytic process, hydrogen energy, biodegradable polymers

*«Государственная премия РФ – это, безусловно, высшая российская награда, которой может удостоиться ученый, но я воспринимаю свой успех как успех и заслугу всего института, и, конечно, моих предшественников. В отличие от Ленинских премий, которые присуждали за конкретную работу, Государственная премия РФ – «интегральная»: высокой оценки удостоена в совокупности вся работа по новым видам топлива, новым методам преобразования энергии, которую мы в Институте катализа СО РАН проводили с конца 1970-х. Отсюда и привкус досады: к сожалению, премия присуждается одному лицу, а на самом деле у нас в институте работает 1300 человек...»*

Ученые в России всегда считали себя государственными людьми. Наша обязанность – смотреть вперед, ведь для практической реализации даже самой перспективной идеи часто требуются десятилетия. Первая точка на этом пути – научная экспертиза состоятельности идеи, то, что сейчас называют фундаментальными ориентированными или поисковыми исследованиями; конечная – демонстрационные испытания: в задачу академических институтов не входит непосредственное внедрение разработок в производство.

В этом смысле Институт катализа уникален – подобных ему академических организаций в стране нет. У нас есть объект, который мы можем довести до непосредственного промышленного использования. Катализаторы – это настоящая «волшебная палочка» для химиков, с помощью которой из одного вещества можно получить другое. Но просто сделать волшебную палочку мало – нужно создать условия, чтобы она работала. Здесь мы вторгаемся в сферу между наукой и производством, которую сейчас называют химический инжиниринг – когда химик начинает мыслить уже не только как ученый, но и как инженер.

Мы одновременно занимаемся изучением каталитических процессов и разработкой новых катализаторов, т. е. фундаментальными и прикладными исследованиями. Эти направления работы были четко заданы с самого начала первым директором института, академиком Г. К. Боресковым.

К сожалению, даже в Сибирском отделении не все понимают нашу специфику, считая нас «прикладниками». На самом деле цитируемость Института катализа за последние 4 года выше, чем у остальных химических институтов России – это объективный показатель уровня наших фундаментальных исследований. Притом что у нас действительно очень много прикладных работ, в том числе и тех, которые не имеем права публиковать. Не говоря уже о трех собственных опытно-промышленных производствах в Омске и Волгограде.



ПАРМОН Валентин Николаевич – академик РАН, доктор химических наук, директор Института катализа им. Г. К. Борескова СО РАН (Новосибирск). Председатель Объединенного ученого совета по химическим наукам СО РАН, председатель Научного совета по катализу РАН. Представитель России в Европейской федерации каталитических обществ (EFCATS) и Международной ассоциации каталитических обществ (IACS). Сфера научных интересов: разработка и исследование катализаторов и каталитических процессов, в том числе используемых для преобразования и аккумулирования различных видов энергии; катализ и фотокатализ; роль биогенных каталитических процессов в происхождении и становлении биосферы. Награжден орденами Почета (1999) и «За заслуги перед Отечеством» IV степени (2007), медалью Франциска Скорины Республики Беларусь (2009), лауреат премии за инновации в катализе EFCATS (2005). Организатор и главный редактор журналов «Химия в России» и «Катализ в промышленности», российский региональный редактор международного журнала «Reaction Kinetics and Catalysis Letters». Автор и соавтор более 400 научных публикаций, 5 монографий и 5 учебников для вузов, а также более 80 авторских свидетельств и патентов

Объем микроканальных пластин этого реактора для паровой конверсии метанола, всего 3.7 см<sup>3</sup>.

Производительность по водороду при температуре 450 °С – 33.6 л/ч.

Разработка ИК СО РАН

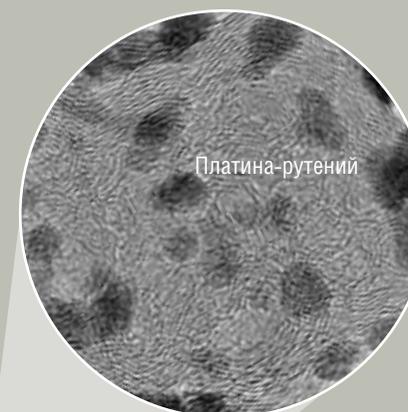
### ФАБРИКИ ВОДОРОДА

Одно из перспективных направлений в энергетике – топливные процессоры для получения водорода на основе микрореакторов. Эти компактные устройства содержат большое число микроканалов, на стенках которых закреплен катализатор. Для производства подобных устройств требуется решить ряд задач: синтезировать высокоактивные катализаторы, стойкие к высоким температурам и способные долго работать без потери активности; разработать методы надежного закрепления катализатора на стенках канала. Также требуется отладить методику изготовления тысяч и даже миллионов одинаковых каналов с равным количеством катализатора, чтобы повысить производительность и селективность работы прибора



Микрореактор для парциального окисления метана размером 36×26×24 мм<sup>3</sup> содержит 500 микроканалов. Производительность по водороду при температуре 840 °С – 375 л/ч. Разработка ИК СО РАН

В мембранно-электродном блоке этой «ячейки» водородного топливного элемента используется катализатор платина-рутений на углеродном носителе, синтезированный на основе отечественного угля марки «Сибунит» производства Института проблем переработки углеводородов СО РАН (Омск). Разработка ИК СО РАН



### ТОПЛИВНАЯ АЛЬТЕРНАТИВА

Топливные элементы как источник малой и средней мощности в будущем могут заменить привычные аккумуляторные батареи. Особо следует выделить водородные и прямые метанольные топливные элементы, способные работать при комнатной температуре. Их широкому применению препятствует высокая себестоимость вырабатываемой энергии, что во многом связано с большим содержанием и неэффективным использованием благородных металлов в каталитических слоях мембранно-электродных блоков. Одним из наиболее важных усовершенствований стало применение платиновых катализаторов, закрепленных на углеродных носителях с высокой удельной поверхностью. Исследования сотрудников ИК СО РАН показали, что оптимизация физико-химических свойств носителя, позволяет в несколько раз увеличить эффективность топливных элементов и, соответственно, их мощность на единицу массы благородного металла

## Стратегически важно

Для меня все началось 33 года назад, когда мой наставник К.И. Замараев и я, его недавний аспирант, приехали в Новосибирск из Москвы. Как раз в начале 1970-х прошумел очередной нефтяной кризис, что всегда стимулирует интерес к новым источникам энергии. Тогда академик Н.Н. Семенов (кстати, единственный российский нобелевский лауреат по химии) «заразил» нас фантастической по тому времени идеей: осуществить «искусственный» фотосинтез, т.е. солнечную энергию превратить непосредственно в топливо. Вот такой «заряд» был в нас вложен – новые источники энергии, нетрадиционные пути...

Так в 1977 г. мы начали работы по возобновляемым источникам энергии, которые многими тогда воспринимались крайне скептически. Само слово «фотокатализ» считали несерьезным, а сегодня этой теме посвящена треть всех публикаций по катализу. Более того, сейчас в России четыре организации производят специальные устройства для очистки воздуха помещений, работаю-

щие по этому принципу. Так что будущее нашего института я вижу в научной экспертизе идей, пусть и самых неожиданных, которые связаны с использованием каталитических методов в энергетических технологиях и глубокой переработки органических ресурсов.

Почему это важно? Сегодня «волшебная палочка» дает 15% валового национального продукта России. Для сравнения: в США эта доля достигает 35%! Наше отставание обусловлено недостаточным развитием автомобильной промышленности, нефтепереработки. Есть много отраслей, связанных с переработкой сырья, где вообще нет «химии». У нас есть, куда расти – наша «волшебная палочка» имеет стратегическое значение.

До перестройки наш институт фактически выполнял роль министерства в этой области: нам удалось довести долю отечественных катализаторов в промышленности до 97–98%, к настоящему времени эта цифра упала почти вдвое. И во многом это – политика, хотя мы делаем все, чтобы изменить ситуацию.

Вот недавний пример. За полгода буквально «с нуля» мы разработали промышленный катализатор для производства дизельного топлива по стандартам «Евро-4» и «Евро-5». Честно сказать, мы сами удивились, что задача была решена в такие короткие сроки. Алгоритм решения был прост: в институте над задачей стали работать одновременно пять команд, на финиш вышли две, один результат пошел в производство. И это отличные показатели – ведь в науке очень большой фактор риска: на уровне поисковых исследований хорошим считается отношение 1:10.

## Привычная нетрадиционность

Как известно, каталитические методы широко применяются при переработке углеводородов, в нефтехимии и других видах химической промышленности. Но запасы нефти и природного газа исчерпаемы. Поэтому сегодня в сферу наших интересов также включены возобновляемые источники энергетического и химического сырья, новые способы получения энергии (например, тот же фотокатализ).

Кстати, отдел, которым я заведу, так и называется – нетрадиционные технологии в катализе (я и химик-то «нетрадиционный» – по образованию инженер-физик в области химии быстротекущих процессов). И самая «нетрадиционная» наша тема очень фундаментальна – речь идет о роли каталитических процессов в зарождении жизни и даже Солнечной системы. А вообще в институте около шестидесяти подразделений, и каждое работает сразу по нескольким направлениям.

Рассказать можно о многом. Например, о системах для прямого преобразования ионизирующего излучения в топливо. У нас уже были испытаны модели ядерных котлов, где вместо пара, который идет на турбину, с помощью катализаторов сразу получают топливо, которое можно при желании хранить и использовать в нужный момент.

Далее – водородная энергетика: сегодня водород считают самым универсальным и экологически чистым химическим энергоносителем. Для новой энергетике нужны компактные генераторы водорода для топлив-



**В рамках совместного проекта ИК СО РАН и НГУ разрабатывается технология получения биодизельного топлива из растительных масел с использованием гетерогенных катализаторов перэтерификации, которая должна снизить себестоимость биодизеля и при этом обеспечивать его качество на уровне самых высоких экологических требований**

ных элементов. Мы практически первыми в России начали заниматься этим перспективным направлением. Созданный у нас компактный микроканальный топливный процессор, способный стабильно выдавать 150 л водородосодержащего газа в час, может достойно конкурировать с зарубежными аналогами.

Основная задача лаборатории, занимающейся проблемами производства биотоплив – получение энергоносителей из доступного растительного сырья. Это может быть и древесина, и сельскохозяйственные отходы, даже рисовая шелуха, которой только в России сотни тысяч тонн...

Проблема переработки любого вида биомассы в том, что она представляет собой твердое вещество. Чтобы катализатор заработал, он должен «прикоснуться» к веществу на молекулярном уровне. Для этого биомассу нужно сначала превратить либо в газ, либо в жидкость. У нас в институте уже разработан первый российский агрегат, превращающий опилки в жидкость, похожую на деготь. Чтобы облагородить полученную «бионефть», из нее надо удалить кислород и насытить водородом – над этой проблемой сейчас работают наши сотрудники.

Одно из новых для нас и интересных направлений – биоразлагаемые полимеры. Сегодня мы не представ-

ляем свою жизнь без полимерной упаковки, но стандартные пластики не разлагаются в естественной среде десятки и сотни лет. Других в России пока не производят, и купить за рубежом технологии их производства также не удастся.

Разработка подобных полимеров в институте уже идет – первые синтезы прошли успешно. Один из наиболее перспективных биополимеров получают из молочной кислоты биотехнологического происхождения. При этом хотелось бы напомнить, что биотехнологии, особенно в случае крупнотоннажного производства, работают лишь на первом этапе, затем за дело обязательно должны взяться химики, которые и обеспечивают получение конечного продукта. Задача нашего академического института не только разработать технологию, но и инициировать интерес к этому направлению.

Хотелось бы отметить, что этой работой у нас занимается специально организованная молодежная группа. Вообще в Институте катализа довольно много молодых – около трети научных сотрудников моложе 35 лет плюс полторы сотни студентов и аспирантов. Это один из наших главных приоритетов – подготовка кадров. Мы теснейшим образом работаем с новосибирскими вузами, НГУ и НГТУ: наши сотрудники читают



Первая в России макетная установка по получению бионефти – продукта быстрого пиролиза измельченной древесины. Разработка ИК и КТФ ИГиЛ СО РАН



Катализаторы серии ИК-ГО предназначены для глубокой гидроочистки дизельных фракций и вакуумного газойля. Разработка ИК СО РАН



Цеолитный катализатор ИК-17-М используется для получения ароматических соединений из попутных нефтяных газов по технологии БИЦИКЛАР

**Наноразмерные кристаллы цеолитов и цеолитоподобных материалов проявляют уникальные каталитические свойства по сравнению с классическими цеолитными материалами из-за отсутствия у них внутридиффузионных ограничений. Активность подобных катализаторов в расчете на единицу веса на порядок выше обычной, а выход изопарафинов при нефтепереработке может превышать их выход в присутствии обычных катализаторов**

лекции, заведуют кафедрами. Сам я около 20 лет веду в университете курс по термодинамике; написал шесть учебников для вузов.

Считаю, что поддерживать молодых – одна из основных задач руководства и дирекции, причем это включает и выбор самых актуальных и перспективных направлений. Наша молодежь уверена в своем будущем и знает, что оно – только в их руках.

**М**не кажется, что свою главную задачу, вернее даже миссию, в науке я выполнил. Двадцать лет назад, когда в стране многое рушилось, институт не только выстоял и сохранил ядро, мы его омолодили, развили, экипировали... Та тематика, которой мы начали заниматься еще с конца 1970-х – разработка новых видов топлив и новых методов преобразования энергии – приобрела в мире большую популярность, и наш вклад в развитие этих направлений неоспорим.

Нам удалось поднять один из самых крупных в России инновационных проектов и с самой большой отдачей. Есть пример, когда промышленная реализация одного нашего масштабного проекта дала увеличение валового национального продукта почти на 9 млрд рублей только за три года! Это означает, что одним

этим проектом мы на несколько лет вперед оправдали деятельность всего института.

Государственная премия – это огромная честь, которая ко многому обязывает. Мы к этому готовы, и сегодня единственное, что нам нужно – чтобы мы оставались востребованными у себя в стране.

#### Литература

Пармон В.Н. *Естественный отбор среди молекул* // НАУКА из первых рук. 2004. № 0. С. 32–41.

Luzgin M. V., Rogov V. A., Parmon V. N. et al. *Methane aromatization on Zn-modified zeolite in the presence of a co-reactant higher alkane: How does it occur?* // *Catalysis Today*, 2009. V. 144. P. 265–272.

Parmon V. *Thermodynamics of Non-Equilibrium Processes for Chemists with a Particular Application to Catalysis* / Elsevier, 2010. 340 p.

Редакция благодарит сотрудников ИК СО РАН д.х.н. Л.Л. Макашкина, д.т.н. А.С. Носкова, к.х.н. А.Н. Симонова, к.х.н. В.А. Яковлева и отдел рекламы ИК СО РАН за помощь в подготовке публикации



# Алмазные россыпи для России

Первые восемь отрядов ученых и специалистов отправились этим летом в экспедиции на север Якутии в рамках федерального проекта по оценке прогнозных ресурсов еще не выявленных источников алмазов на территории Сибирской платформы. Впервые в новейшей истории России руководство столь масштабным федеральным проектом осуществляет академическая структура – Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН. Это стало возможным благодаря его многолетней работе по созданию и успешному практическому использованию надежных прогнозно-поисковых методов алмазных месторождений

Начало исследования по проблеме алмазности Сибирской платформы было положено выдающимся петрологом и минералогом академиком В. С. Соболевым, автором знаменитого прогноза по открытию алмазов Якутии. Приехав в Новосибирск на самом раннем этапе организации Сибирского отделения АН СССР, он немедленно сформировал и возглавил в Институте геологии и геофизики программу исследований в области петрологии и минералогии кимберлитов и верхней мантии, уделив особое внимание проблеме природного алмазообразования.

Основные усилия ученых были направлены на получение информации о составе и строении верхней мантии Сибирской платформы и характеристиках состава среды, в которой росли природные алмазы. Особое внимание уделялось поискам надежных критериев алмазности кимберлитов. Эта задача была чрезвычайно актуальной, поскольку из сотен открытых в 50–60-х гг. прошлого века кимберлитовых тел повышенной алмазностью обладали лишь около 10%, а ее промышленным уровнем – всего 3–4%.

Решение этой проблемы подсказали сами алмазы, точнее их мельчайшие минеральные включения. Еще в конце 1960-х гг. будущий академик Н. В. Соболев с соавторами опубликовал результаты изучения состава пироповых гранатов, включенных в якутские алмазы. Оказалось, что он резко отличается от состава обычных пиропов из кимберлитов по двум основным параметрам: существенно более высокому содержанию хрома и низкому – кальция.

Известные американские исследователи Ф. Р. Бойд и Г. Мейер объясняли эти особенности состава кристаллизацией таких пиропов на самых ранних и наиболее глубоких этапах эволюции кимберлитового расплава. Алмазы, по их предположению, растущие в этом же расплаве, захватывали пиропы необычного состава. Таким образом они оказывались изолированными от эволю-

ционирующего кимберлитового расплава и не меняли свой состав.

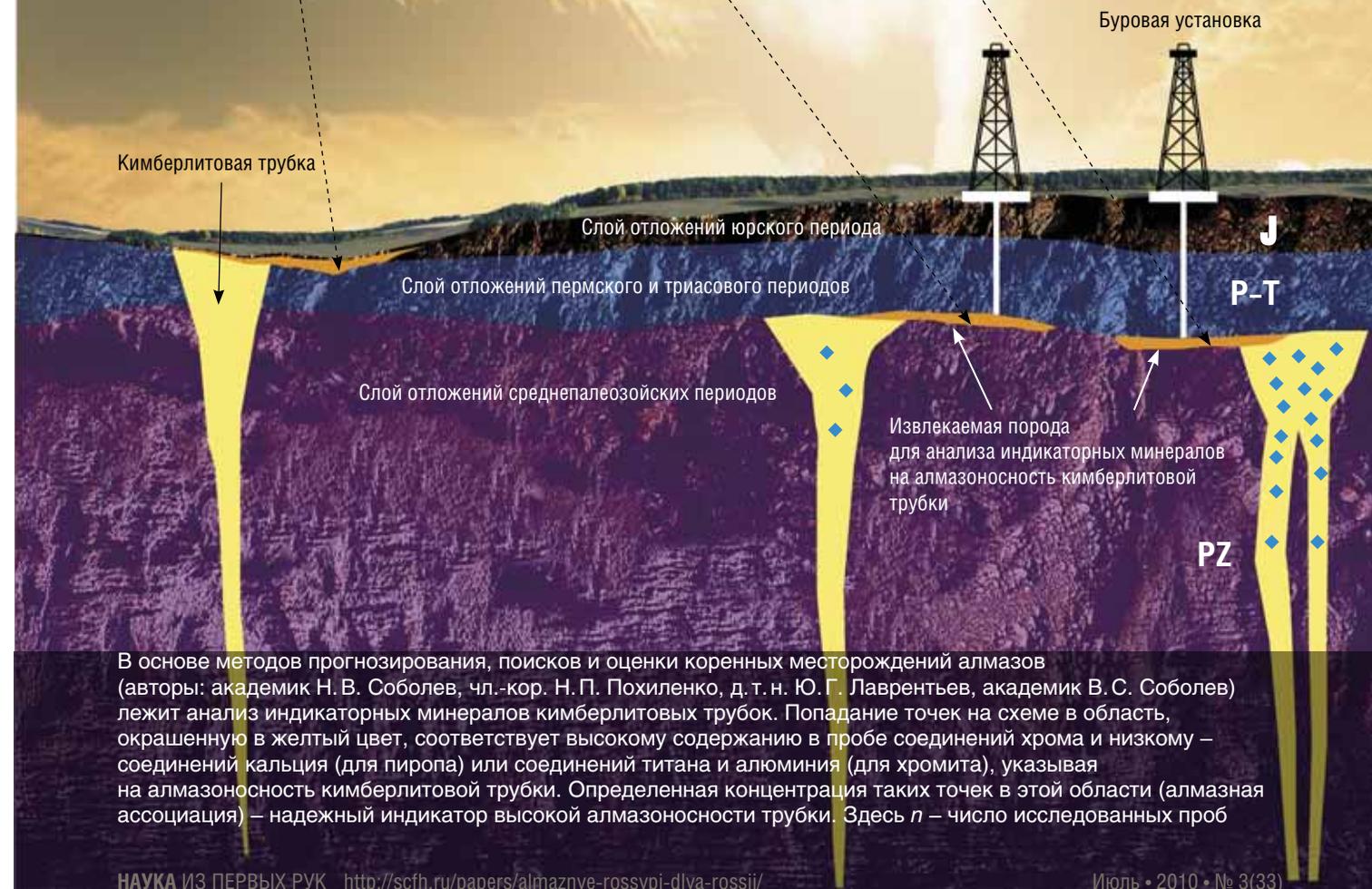
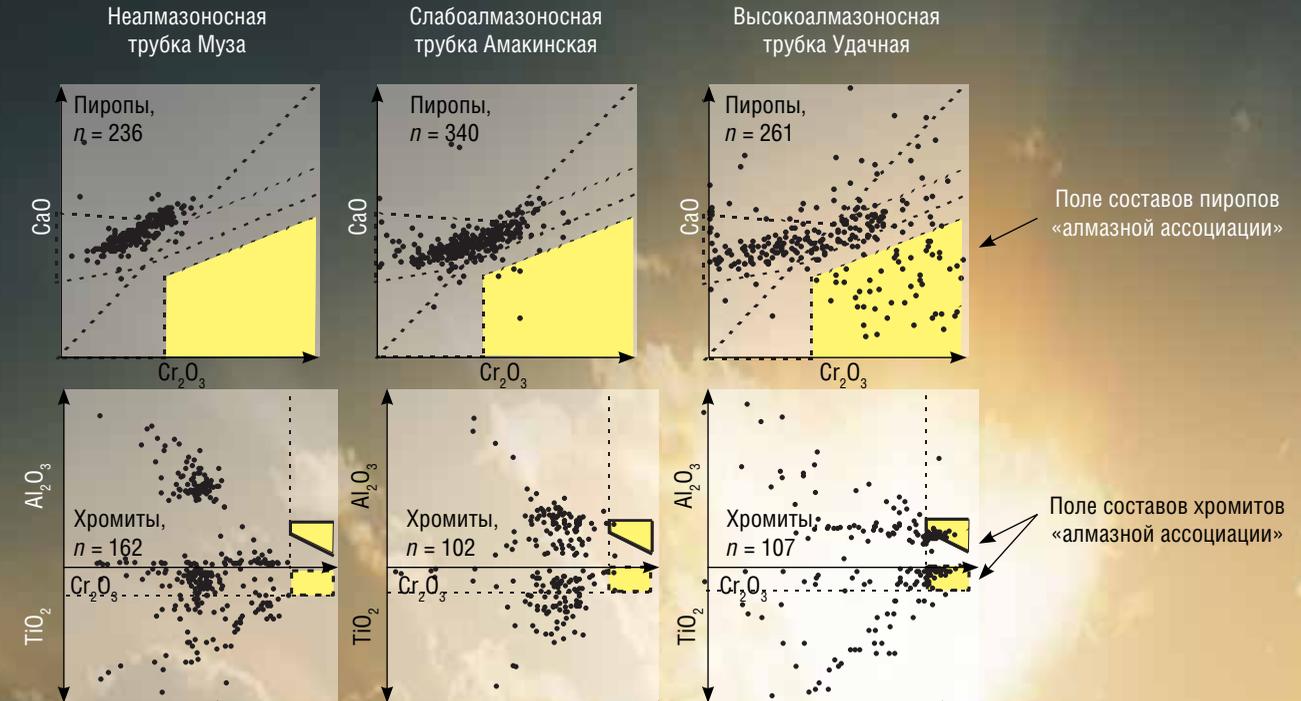
В конце 1960-х гг. в ксенолитах алмазных пироповых серпентинитов из трубки Айхал были сделаны первые находки пиропов подобного состава вне алмазов (Соболев и др. 1969).

Сравнительный анализ результатов изучения особенностей состава пиропов – включений в алмазах и пиропов из ксенолитов алмазных серпентинитов позволил Н. В. Соболеву предложить качественно иную модель. Он предположил, что отмеченные особенности состава пиропов, ассоциирующих с природными алмазами, связаны с характером их минерального парагенезиса. Другим важным минералом, входящим в этот парагенезис, является хромит. Он также был найден в виде включений в алмазах и ксенолитах алмазных серпентинитов и имел очень высокие содержания хрома и аномально низкие – титана.

Исходя из этой модели, Н. В. Соболев предположил, что находки пиропов и хромитов подобного состава в кимберлитовых концентратах либо в минералах тяжелой фракции ореолов рассеяния кимберлитов могут служить критерием оценки их потенциальной алмазности.

Для проверки этой гипотезы в начале 1970-х гг. в институт были доставлены и тщательно изучены пробы из 28 кимберлитовых трубок Якутии с содержанием алмазов в диапазоне от нуля до самых высоких значений. Статистический анализ полученных результатов показал сильную корреляционную зависимость содержания алмазов от наличия пиропов и хромитов особого состава в кимберлитах, что полностью подтвердило

**Ключевые слова:** алмаз, сырьевая база, ресурсы, прогноз, Сибирская платформа  
**Keywords:** diamond, raw materials base, resources, prognosis, Siberian platform



В основе методов прогнозирования, поисков и оценки коренных месторождений алмазов (авторы: академик Н. В. Соболев, чл.-кор. Н. П. Похиленко, д. т. н. Ю. Г. Лаврентьев, академик В. С. Соболев) лежит анализ индикаторных минералов кимберлитовых трубок. Попадание точек на схеме в область, окрашенную в желтый цвет, соответствует высокому содержанию в пробе соединений хрома и низкому – соединений кальция (для пироба) или соединений титана и алюминия (для хромита), указывая на алмазность кимберлитовой трубки. Определенная концентрация таких точек в этой области (алмазная ассоциация) – надежный индикатор высокой алмазности трубки. Здесь n – число исследованных проб

Сводная карта перспектив алмазности севера Сибирской платформы, ставшая результатом трехлетнего труда сотрудников Института геологии и минералогии СО РАН, получила высокую оценку государства и научного сообщества. Эта работа позволяет реально оценить ресурсы еще не выявленных источников алмазов на территории Сибирской платформы, а затем и найти их. Перспективным районом на алмазносные кимберлиты является и южная часть Сибирской платформы (Центральная Якутия), где открыта новая кимберлитовая трубка Манчары

правильность и надежность предложенных минералогических критериев их алмазности.

Результатом большой работы всего коллектива института стали созданные здесь в 1970-х гг. принципиально новые методы прогнозирования и обнаружения коренных месторождений алмазов, позволяющие выявлять заведомо алмазносные кимберлиты на самых ранних стадиях их поиска. Эти методы были использованы при прогнозировании и поисках трубки Юбилейная в Якутии, Архангельской алмазносной провинции, при проведении минералогического районирования северо-восточной части Сибирской платформы, завершившегося прогнозом наличия среднепалеозойских алмазносных кимберлитов в районе Оленекского поднятия.

Позже комплекс прогнозно-поисковых методов алмазных месторождений был существенно расширен в Институте геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН за счет появления новых подходов, учитывающих особенности эволюции ореолов кимберлитовых минералов в различных геологических и климатических условиях на протяжении всей истории кимберлитов, начиная с их внедрения.

Принципиально новый опыт был получен специалистами ИГМ СО РАН за время проведения прогнозно-поисковых работ в пределах северных территорий Канады (середина 1990-х до 2006 г. включительно), в результате которых было открыто алмазное месторождение мирового класса в районе оз. Снэп-Лейк и новая алмазная провинция в низовьях бассейна реки Маккензи.

Новое месторождение представляет собой необычный тип особо крупных коренных месторождений алмаза как по геометрии рудного тела, так и по ряду характеристик слагающих его пород. Детальное изучение кимберлитов и алмазов месторождения существенно расширило информацию о процессах генерации протокимберлитовых расплавов и условиях образования природных алмазов. Оно позволило также ввести ряд коррективов в минералогические критерии алмазности для определенных типов аномальных кимберлитов как Канады, так и Якутии.

Успешные результаты, полученные специалистами Института геологии и минералогии СО РАН в области прогнозирования и поиска алмазных месторождений, наличие высокого кадрового потенциала и современной приборно-аналитической базы привлекли к институту внимание Министерства природных ресурсов РФ. Важной вехой их взаимодействия стало подписание государственного контракта с ИГМ СО РАН на проведение в 2007–2009 гг. комплексной оценки степени изученности территории Сибирской платформы и локализацию ее районов, перспективных на выявление новых алмазных месторождений. Проведенный институтом масштабный комплекс работ позволил выделить около 20 перспективных участков и поставить на баланс более 145 млн карат прогнозных ресурсов алмазов. Эти важнейшие для страны результаты были не только высоко оценены Министерством, но и включены в число четырех наиболее значимых достижений Отделения наук о Земле РАН за 2009 г. и доложены Президентом РАН академиком Ю. С. Осиповым на ее общем собрании.

Проведя анализ состояния сырьевой базы отечественной алмазодобывающей промышленности и результатов прогнозно-поисковых работ по локализации алмазных месторождений, Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра) в апреле 2010 г. объявило конкурс на выполнение работ по проекту, направленному на проведение оценки прогнозных ресурсов еще не выявленных источников алмазов на всей территории Сибирской платформы.

17 мая 2010 г. между Институтом и ФА Роснедра РФ был подписан государственный контракт на выполнение работ по проекту на сумму в 200 млн руб. Примерно половина этих средств будет освоена ИГМ СО РАН, остальные – соисполнителями проекта, среди которых ведомственные институты Роснедра и

В 1990-х гг. в Институте минералогии и петрографии СО РАН(ныне ИГМ СО РАН) была успешно решена проблема, связанная с резким отличием алмазности разновозрастных кимберлитов Сибирской платформы. Все промышленные коренные месторождения алмазов относятся к наиболее древнему циклу внедрения кимберлитов – среднепалеозойскому. Более молодые кимберлиты мезозойских циклов внедрения изредка имеют очень низкую алмазность, а в большинстве случаев совсем не содержат алмазов. В работах Н. П. Похиленко показано, что эта специфическая особенность кимберлитов Сибирской платформы связана с масштабной эволюцией состава и строения литосферной мантии платформы под воздействием Сибирского суперплюма (огромной массы разогретого вещества, поднявшегося из нижней мантии Земли) на стыке пермского и триасового периодов. Этот результат широко используется при прогнозировании новых алмазносных кимберлитовых полей на территории Сибирской платформы

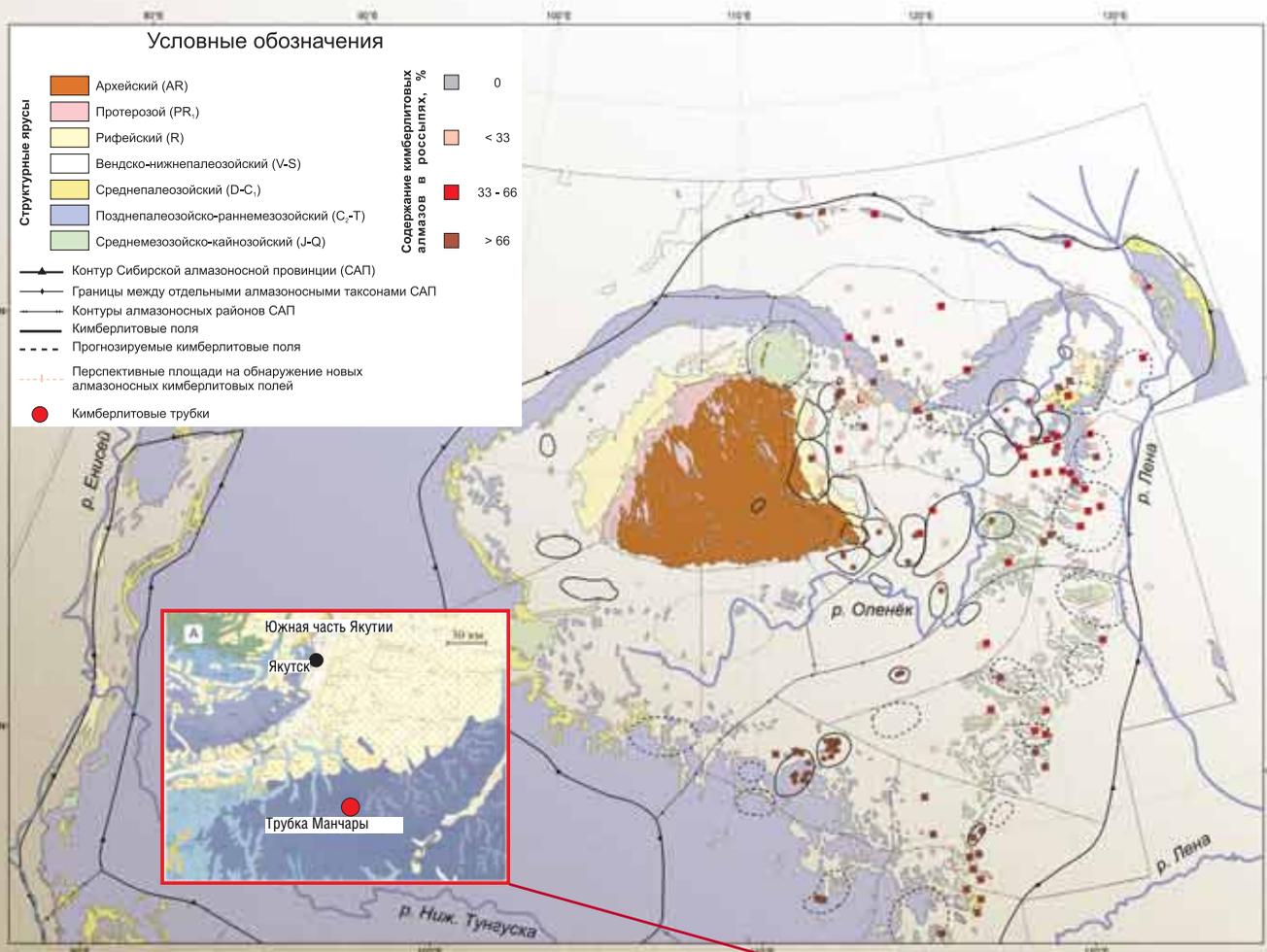
институты СО РАН, а также прогнозно-тематические подразделения производственных организаций и компаний отрасли. Уникальность этой ситуации состоит в том, что впервые столь крупный проект федерального ведомства с собственной сетью исследовательских структур возглавляет академический институт. Это серьезный успех Российской академии наук в целом и ее Сибирского отделения в частности.

Уже в текущем полевом сезоне в рамках программы ревизионно-оценочных работ проекта на территории Сибирской платформы будут работать восемь полевых отрядов, половина которых – из ИГМ СО РАН. По просьбе наших коллег специалисты института, владеющие методикой и опытом ведения прогнозно-поисковых изысканий в сложных геологических условиях, будут работать во всех отрядах. Полный отчет об этих экспедициях заинтересованный читатель получит осенью, по завершении полевых сезонов.

*Литература*  
Соболев В. С., Най Б. С., Соболев Н. В. и др. Ксенолиты алмазносных пироповых серпентинитов из трубки «Айхал», Якутия // Докл. АН СССР. 1969. Т. 188, № 5. С. 1141–1143.

Похиленко Н. П. Алмазный путь длиной в 3 миллиарда лет // НАУКА из первых рук. 2007. № 16. С. 28–39.

Чл.-кор. РАН Н. П. Похиленко (Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева, Новосибирск)





# Нефтегазовый резерв Западной Сибири

В Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН проведен комплекс геологических, геохимических, литологических, петрофизических и других исследований Енисей-Хатангского регионального прогиба, который является крупнейшим научным обобщением по геологии и нефтегазоносности южной части полуострова Таймыр за последние 40 лет

**Е**нисей-Хатангский региональный прогиб расположен в арктических районах Сибири и является одним из немногих слабоизученных регионов России, высокоперспективных для открытия месторождений нефти и газа. В географическом отношении район исследований расположен в южной части полуострова Таймыр, на территории Красноярского края.

Целенаправленные геолого-геофизические исследования Енисей-Хатангского регионального прогиба проводились главным образом в 50–80-х гг. прошлого столетия. Значительный вклад в его изучение внесли И. С. Грамберг, А. Э. Конторович, В. Д. Накоряков, Л. Л. Кузнецов, В. Н. Сакс, В. Г. Сибгатулин, Б. А. Соколов, Д. С. Сороков и Д. Б. Тальвирский. На этом этапе исследований были выявлены основные особенности геологического и тектонического строения Енисей-Хатангского регионального прогиба, определено его взаимодействие с обрамляющими структурами и выполнены первые оценки перспектив нефтегазоносности. В последующие десятилетия геологоразведочные работы в этом регионе носили несистемный, фрагментарный характер, а накопленный геолого-геофизический материал не анализировался на современном научном уровне.

В настоящее время геологическое изучение аркти-

**Ключевые слова:** нефтегазоносный мегакомплекс, перспективы нефтегазоносности, ресурсы углеводородов, Енисей-Хатангский региональный прогиб, Красноярский край

**Key words:** oil and gas bearing megacomplex, oil and gas perspectives, hydrocarbon resources, the Yenisei-Khatanga regional trough, Krasnoyarsk Krai

ческих районов Сибири возобновлено. В Енисей-Хатангском региональном прогибе выполняются сейсморазведочные работы в рамках программ Федерального агентства по недропользованию. Активное участие в изучении региона принимают крупнейшие отечественные компании ОАО «Роснефть» и ОАО «Газпром». В 2009 г. компанией ОАО «Роснефть» в этом районе открыто Байкаловское нефтегазоконденсатное месторождение.

Проведенный Институтом нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН в 2008–2009 гг. комплекс геологических, геохимических, литологических, петрофизических и других исследований, включающий всесторонний анализ геолого-геофизических материалов, является крупнейшим научным обобщением по геологии и нефтегазоносности Енисей-Хатангского регионального прогиба за последние 40 лет.

Сам прогиб традиционно рассматривается в составе Сибирской платформы, в административном плане охватывающей большую часть Красноярского края, Иркутскую область и Республику Саха (Якутия). В рамках существующих тектонических схем на западе он граничит с Западно-Сибирской геосинеклизой, на севере – с Таймырской складчатой областью, на юге – с Курейской синеклизой, на востоке – с Анабаро-Хатангской седловиной.

На территории древней Сибирской платформы месторождения нефти и газа сосредоточены в рифейских, вендских и нижнекембрийских отложениях, возраст которых составляет 540–850 млн лет. Ловушки, контролируемые эти залежи, связаны с песчаными и карбонатными горизонтами и имеют чрезвычайно сложное геологическое строение. Поиск, разведка

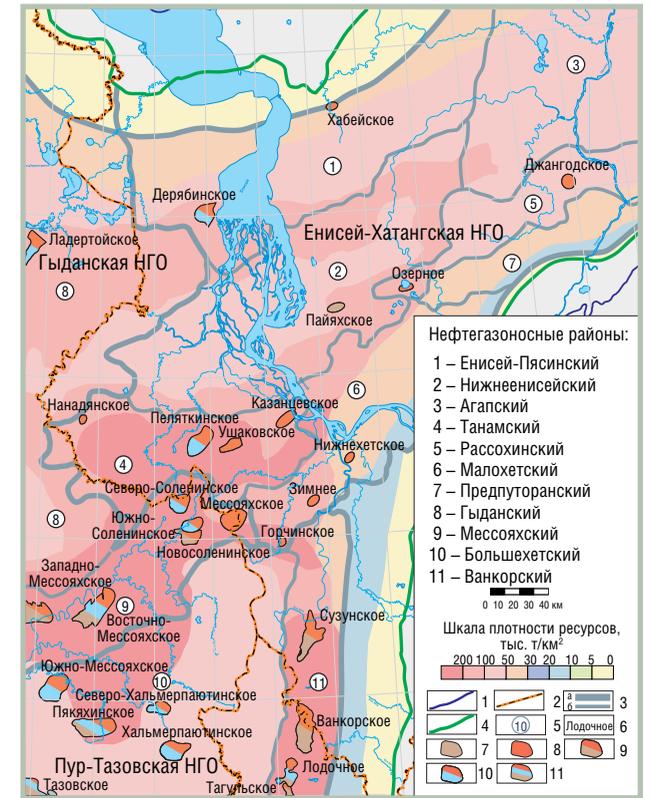


Схема нефтегазогеологического районирования северо-восточной части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (НГП) и прилегающей к ней Енисей-Хатангской нефтегазоносной области (НГО)

**Условные обозначения:** 1 – граница мезозойско-кайнозойского осадочного чехла; 2 – административные границы; 3 – границы НГО (а) и НГР (б); 4 – границы перспективных земель; 5 – номера НГР; 6 – названия месторождений; 7 – перспективные земли: НГР Хатангско-Вилуйской НГП (а), НГР Западно-Сибирской НГП (б), малоперспективные земли (в); 8–12 – месторождения углеводородов: нефтяные (8), газовые (9), газонефтяные (10), газоконденсатные (11) и нефтегазоконденсатные (12)

и эксплуатация венд-кембрийских нефтегазовых месторождений требует разработки новых, нетрадиционных методических подходов и технологий.

Енисей-Хатангский региональный прогиб в нефтегазоносном отношении выделен в составе одноименной нефтегазоносной области (НГО), граничащей на западе с Гыданской НГО, входящей в состав Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (НГП). В пределах Енисей-Хатангской НГО в настоящее время открыто 17 месторождений нефти и газа. Большая часть залежей углеводородов в этом регионе сконцентрирована в ме-

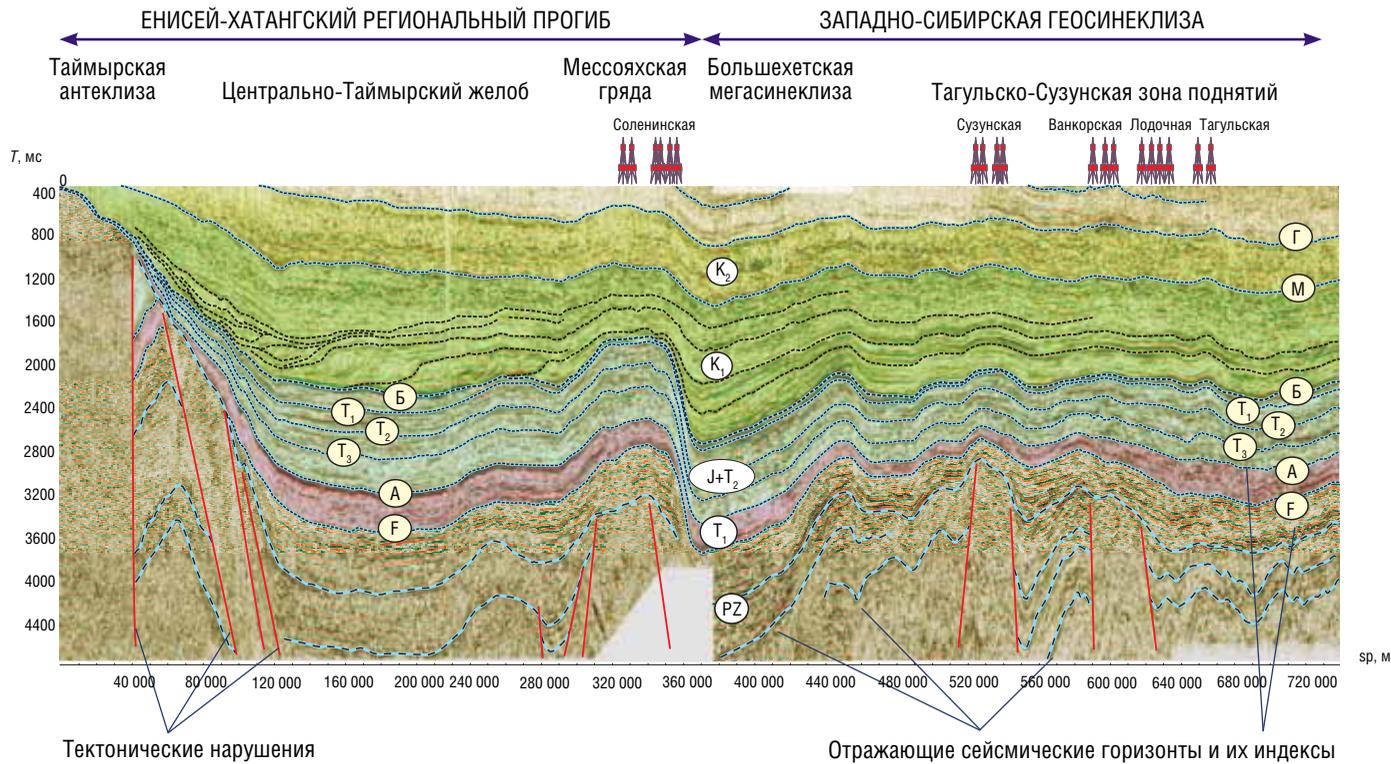


Карта плотностей начальных геологических ресурсов углеводородов в юрско-меловых комплексах нефтегазовых районов (НГР) исследованной территории

**Условные обозначения:** 1 – граница мезозойско-кайнозойского осадочного чехла; 2 – административные границы; 3 – границы НГО (а) и НГР (б); 4 – границы перспективных земель; 5 – номера НГР; 6 – названия месторождений; 7–11 – месторождения углеводородов: нефтяные (7), газовые (8), газонефтяные (9), газоконденсатные (10) и нефтегазоконденсатные (11)

ловых песчаных горизонтах, возраст которых составляет 95–145 млн лет; три месторождения приурочены к средне-, верхнеюрским отложениям, формирование которых происходило 145–170 млн лет назад. Большинство месторождений газовые и газоконденсатные. Нефтяные залежи открыты в меловых отложениях на Пайяхской, Новосоленинской и Байкаловской площадях.

Таким образом, несмотря на тектоническую приуроченность Енисей-Хатангского регионального прогиба к древней Сибирской платформе, интерес в отношении



Сейсмический временной разрез по региональному сейсмическому профилю R\_25+14+23, пересекающему в меридиональном направлении исследуемую территорию, демонстрирует идентичность геологического строения западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба и восточных районов Западно-Сибирской геосинеклизы. Показаны сейсмогеологические мегакомплексы: PZ – палеозойский (250—540 млн лет), T<sub>1</sub> – нижнетриасовый (245—250 млн лет), J+T<sub>2</sub> – триас-юрский (средне-, верхнетриасовый – 200—245 млн лет, юрский – 145—200 млн лет), K<sub>1</sub> – неокомский (120—145 млн лет), K<sub>2</sub> – апт-альб-сеноманский (95—120 млн лет). T – время прохождения сейсмической волны; sr – сейсмический пикетаж (горизонтальная шкала)

нефтегазоносности здесь представляют более молодые стратиграфические уровни, с которыми связаны основные запасы и ресурсы углеводородов на территории Западной Сибири.

В Западно-Сибирской НГП большая часть залежей углеводородов сконцентрирована в мезозойских песчаных пластах и контролируется локальными поднятиями и структурно-литологическими ловушками, имеющими более простое геологическое строение, чем на Сибирской платформе. Методика поиска и разведки этих объектов в Западно-Сибирском регионе отрабатывалась на протяжении полувека, и в настоящее время ловушки этого типа надежно выявляются сейсмическими методами. Аналогичные объекты, перспективные на наличие нефти и газа, получили развитие и в Енисей-Хатангском региональном прогибе.

Строение нефтегазоперспективной части геологи-

ческого разреза Енисей-Хатангского регионального прогиба имеет свои особенности. В мезозойско-кайнозойском осадочном чехле рассматриваемой территории выделяются три регионально нефтегазоносных мегакомплекса осадочных пород: юрский, неокомский (берриас-нижнеаптский) и апт-альб-сеноманский (J, K<sub>1</sub> и K<sub>2</sub> соответственно).

Все мезозойско-кайнозойские нефтегазоперспективные мегакомплексы контролируются в кровле регионально развитыми глинистыми покровками (флюидоупорами), к которым приурочены отражающие сейсмические горизонты. В качестве самостоятельного нефтегазоперспективного комплекса выступают палеозойские отложения (PZ), которые в Енисей-Хатангском региональном прогибе и на сопредельных территориях Западной Сибири представлены нормально-осадочными платформенными отложениями.

В северных и арктических районах Западной Сибири



В рамках проведенных в ИНГГ СО РАН исследований с использованием новейших технологий проанализировано строение Енисей-Хатангского регионального прогиба и даны рекомендации по поиску нефти в этом регионе. В процессе выполнения работ получены следующие результаты:

- создан уникальный банк геолого-геофизической информации, отвечающий современному уровню изученности региона;
- выполнены литолого-геохимические, петрографические и петрофизические исследования керн скважин;
- на базе ранее проведенных исследований, а также палеонтологических и палинологических данных, полученных в рамках проекта, детально рассмотрена стратиграфия палеозойских, мезозойских и кайнозойских отложений;
- построен набор электронных структурных карт нового поколения;
- создана серия сейсмогеологических разрезов, характеризующих геологическое и тектоническое строение исследуемой территории;
- рассмотрена геодинамическая история Енисей-Хатангского регионального прогиба в докембрии и фанерозое;
- проанализирована мезозойско-кайнозойская история тектонического развития региона и установлена связь тектонических процессов с нефтегазоносностью;
- проанализировано строение юрских и меловых резервуаров и флюидоупоров;
- проведены геохимические исследования нефтей и конденсатов, установлены их физико-химические характеристики и выполнена генетическая типизация нефтей;
- выделены зоны и оценены масштабы генерации и аккумуляции углеводородов;
- выделены нефтепроизводящие толщи, способные генерировать как газообразные, так и жидкие углеводороды, и выполнена оценка их генерационного потенциала

получили развитие многочисленные месторождения с гигантскими запасами газа. В то же время в рассматриваемой провинции, как и в других НГП России, остро стоит проблема поиска жидких углеводородов. Исследования, проведенные специалистами ИНГГ СО РАН, показали, что в западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба в разрезах средне-, верхнеюрских и неокомских отложений присутствуют толщи, способные производить большие объемы нефти. В рамках проведенных исследований выделены очаги генерации жидких углеводородов, показаны пути их миграции и спрогнозированы зоны аккумуляции.

Комплексный анализ полученных материалов позволил выполнить количественную оценку ресурсов нефти, газа и конденсата исследуемой территории, построить карту плотностей ресурсов углеводородов, оценить состояние недропользования, разработать рекомендации по развитию геологоразведочных работ и лицензированию недр.

Согласно выполненной в ИНГГ СО РАН количественной оценке начальные геологические ресурсы углеводородов, сконцентрированных в мезозойских отложениях Енисей-Хатангской НГО, составляют 11 млрд т, извлекаемые – 7 млрд т.

Целенаправленное проведение геологоразведочных работ в этом регионе позволит перевести эти ресурсы в запасы промышленных категорий, существенно нарастить минерально-сырьевую базу России и уже через 10–20 лет довести добычу нефти и газа в этом регионе до 10 млн т и 30–40 млрд м<sup>3</sup> соответственно.

Литература

Геология нефти и газа Сибирской платформы / А. С. Анциферов, В. Е. Бакин, И. П. Варламов и др. Под ред. А. Э. Конторовича, В. С. Суркова, А. А. Трофимука. – М.: Недра, 1981. 552 с.

Конторович А. Э., Гребенюк В. В., Кузнецов Л. Л. и др. Нефтегазоносные бассейны и регионы Сибири. В 8 вып. Вып. 3. Енисей-Хатангский бассейн. Новосибирск, ОИГГМ СО РАН, 1994. 71 с.

Чл.-кор. РАН, д.г.-м.н. В. А. Конторович, к.г.-м.н. С. В. Ершов (Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск)

# Тончайший диагност

Учеными Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН (Новосибирск) разработана и апробирована технология, ориентированная на массовое производство электронных биохимических сенсоров. Эти доступные и высокочувствительные приборы могут использоваться для ранней диагностики болезней или выявления вредных веществ в окружающей среде

**В** настоящее время на основе передовых технологий интенсивно разрабатываются новые подходы к анализу состояния здоровья человека, позволяющие обеспечить раннюю диагностику заболеваний в реальном режиме времени при малом количестве анализируемого биологического образца. Примером такого подхода являются молекулярные детекторы с сенсорными элементами в виде кремниевых нанопроволок, отличающиеся высокой производительностью, чувствительностью и биологической совместимостью.

В подобных приборах детектируемая заряженная частица при осаждении на поверхность нанопроволоки служит локальным «виртуальным» затвором, модулирующим ее проводимость. Если область индуцированной модуляции сопоставима с размерами нанопроволоки, то тогда достигается очень высокая чувствительность сенсорного элемента – на уровне единичной частицы! А покрытие сенсора специальным веществом увеличивает адсорбцию тестируемых частиц.

Электронный чип с массивом сенсорных элементов, устройством для транспортировки образца и встроенной схемой управления является универсальной платформой для молекулярных детекторов различного назначения. Подобная платформа была предложена и реализована в ИФП СО РАН, причем в качестве сенсоров в ней используется нанопроволока, сформированная на основе тончайших слоев *кремния на изоляторе* (КНИ) толщиной до десятка нанометров.

Особенность данных сенсоров – использование встроенного оксида  $\text{SiO}_2$  и кремниевой подложки в качестве подзатворного диэлектрика и тылового затвора, регулирующего чувствительность прибора: в этом случае КНИ-нанопроволока может функци-

онировать как кремниевый нанопроволочный транзистор. Это означает, что на сенсоре регистрируются не только изменения проводимости при адсорбции частиц, но и его подпороговые транзисторные характеристики. В результате зависимость проводимости от поверхностного потенциала носит не линейный, а экспоненциальный характер, что обеспечивает очень высокую чувствительность устройства.

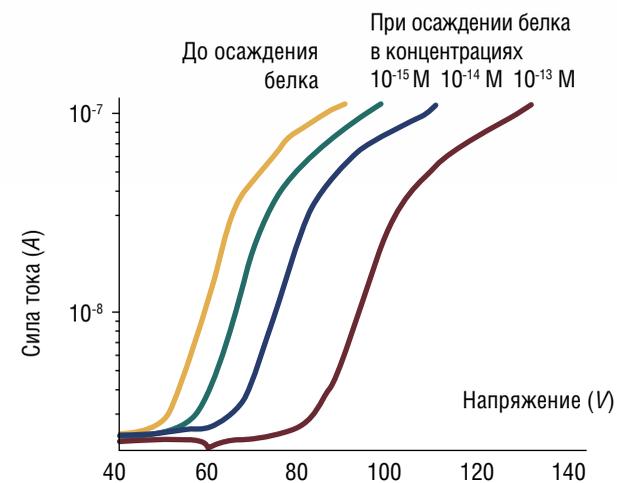
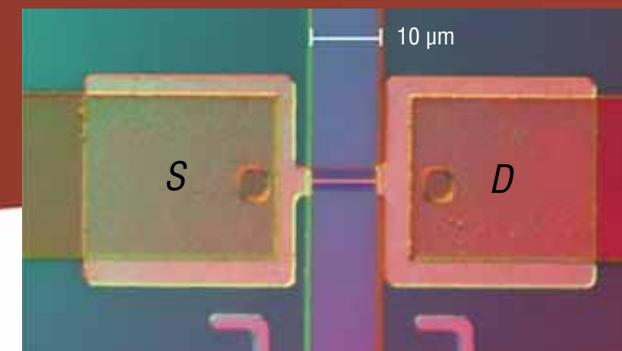
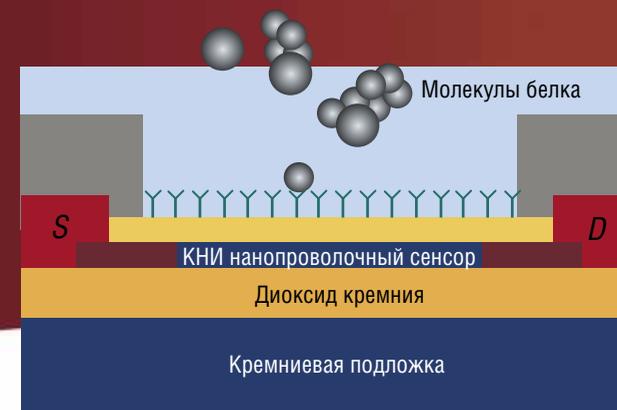
Такие сенсорные элементы наиболее перспективны для промышленного освоения: технология их изготовления полностью совместима со стандартной технологией производства *комплементарных металл-оксидных полупроводников* (КМОП). В результате в рамках единой технологии можно создавать на одном кристалле высокочувствительные, быстродействующие и компактные электронные детекторы наподобие популярных сегодня портативных устройств с flash-памятью.

В институте разработана технология изготовления биохимических сенсоров с разделением стандартных высокотемпературных КМОП-процессов и процесса формирования сенсорных элементов, что обеспечивает низкую дефектность и устойчивые характеристики проводимости кремниевых нанопроволок даже без дополнительной термообработки. По этой технологии уже создан и испытан (совместно с Институтом биомедицинской химии РАН) прототип биохимического детектора с фемтомольной ( $10^{-15}$  М) чувствительностью к различным тестовым молекулам, не уступающий лучшим мировым образцам.

Создание подобных детекторов, способных регистрировать единичные патогенные частицы в образце крови за считанные минуты, означает мощный прорыв в диагностике и терапии тяжелых заболеваний с длительным бессимптомным периодом. Они очень востребованы и в фундаментально-прикладных исследованиях в таких областях, как протеомика и метаболомика, для определения содержания конкретных белков и метаболитов в организме человека.

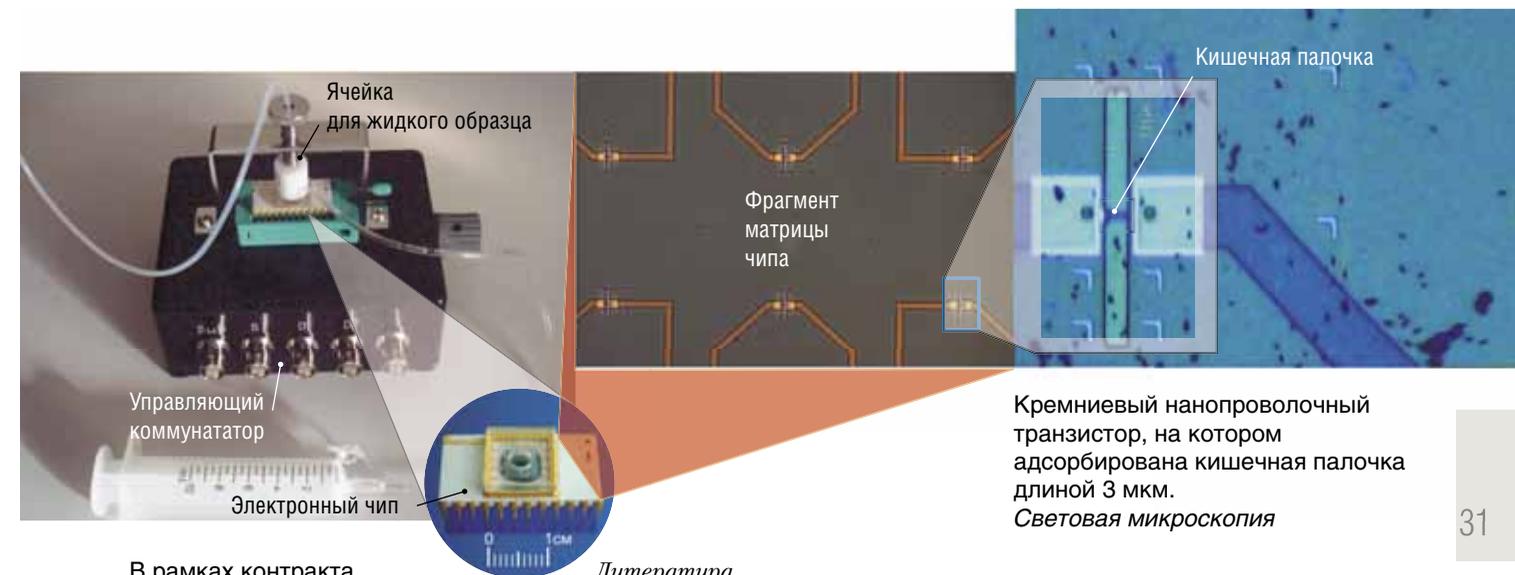
Д.ф.-м.н. В.П. Попов (Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, Новосибирск)

**Ключевые слова:** кремний на изоляторе, нанопроволоки, белки, бычий сывороточный альбумин (БСА)  
**Key words:** silicon-on-insulator, nanowires, proteins, bovine serum albumin (BSA)



Главное преимущество разработанного в ИФП СО РАН сенсора в том, что он может функционировать как кремниевый нанопроволочный транзистор. Благодаря этому удалось повысить чувствительность и настраиваемость детектора

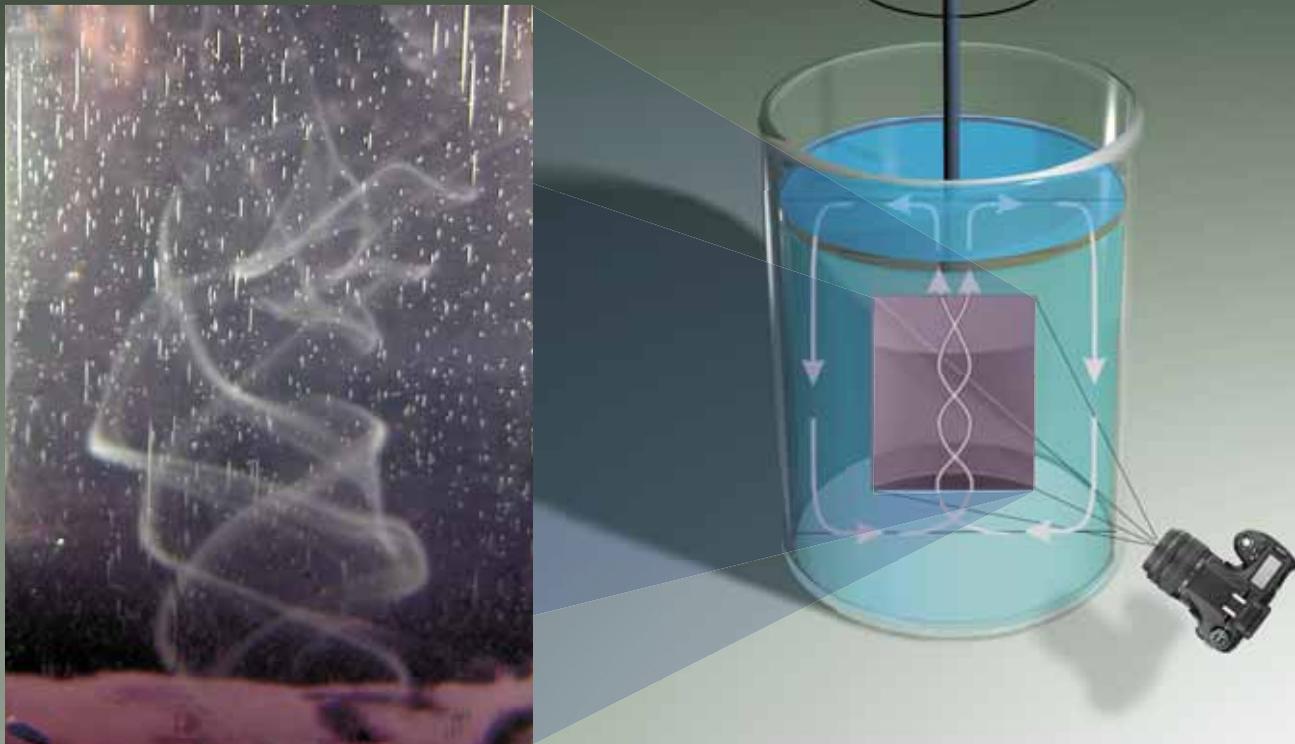
Испытания сенсора на тестовых молекулах показали их высокую чувствительность и хорошую воспроизводимость результатов. Вверху – схема принципиального устройства и внешний вид КНИ нанопроволочного транзистора. На графике – динамика характеристик сенсора при неспецифической иммобилизации на него белка бычьего альбумина, взятого при разных концентрациях



В рамках контракта с Федеральным агентством по науке и инновациям изготовлен и испытан лабораторный образец биохимического детектора с фемтомольной ( $10^{-15}$  М) чувствительностью. Матрица его электронного чипа состоит из 20 сенсорных элементов длиной 10  $\mu\text{m}$

**Литература**  
Наумова О.В., Фомин Б.И., Попов В.П., Асеев А.Л. Кремниевые нанопроволочные транзисторы для электронных биосенсоров // *Автометрия*. 2009. Т. 45, № 4. С. 6–11.  
Наумова О.В., Попов В.П., Сафонов Л.Н. et al. *ECS Transactions*. 2009. V. 25 (10). P. 83–87.  
Попов В.П., Наумова О.В., Фомин Б.И., Насимов Д.А. КНИ-нанопроволочные транзисторы для электронных фемтомольных детекторов одиночных частиц и молекул в биожидкостях и газах: Тезисы докладов II Международного форума по нанотехнологиям, 6–8 октября. М., 2009. С. 15–17.

# Многоспиральные ВИХРИ



Экспериментальная установка по изучению вихревых мультиплетов представляет собой простейший вихревой генератор. Вращающийся торец организует течение жидкости в полости цилиндра вверх вдоль его оси, затем, после распада осевого вихря, – вниз по спирали до дна. В результате получается замкнутый цикл. Воочию увидеть вихревые структуры можно с помощью растворенного в жидкости красящего вещества. Восходящий приосевой поток жидкости увлекает вверх краситель, находящийся в придонной области. Поскольку частицы красителя движутся вдоль осей вихрей быстрее, можно наблюдать за структурой течения

Исследование поведения равновесных когерентных конфигураций нескольких вихрей (*вихревых мультиплетов*) ведется в фундаментальных и прикладных целях с XIX в. Сегодня вопрос о структуре подобных образований имеет принципиальное значение как для развития вихревой концепции теории турбулентности, так и для анализа сложных процессов в интенсивно закрученных потоках, возникающих в природе и различных технических устройствах.

Теория точечных вихрей предсказывает существование до семи вихрей в равновесных круговых конфигурациях; ее обобщение на винтовые вихри снижает прогноз до шести.

Однако определить пространственные структуры вращающихся вихревых мультиплетов в реальных условиях очень сложно: до недавнего времени удалось получить экспериментальные данные только о структуре *дуплетов* (двухспиральных или двойных вихрей). Визуализировать более сложные мультиплеты не удавалось. Исключением можно считать трассировку концевых вихрей, сходящих с лопастей вращающейся турбины или пропеллера.

**Ключевые слова:** винтовой вихрь, распад вихря, мультиспиральный  
**Key words:** helical vortex, vortex breakdown, multihelix

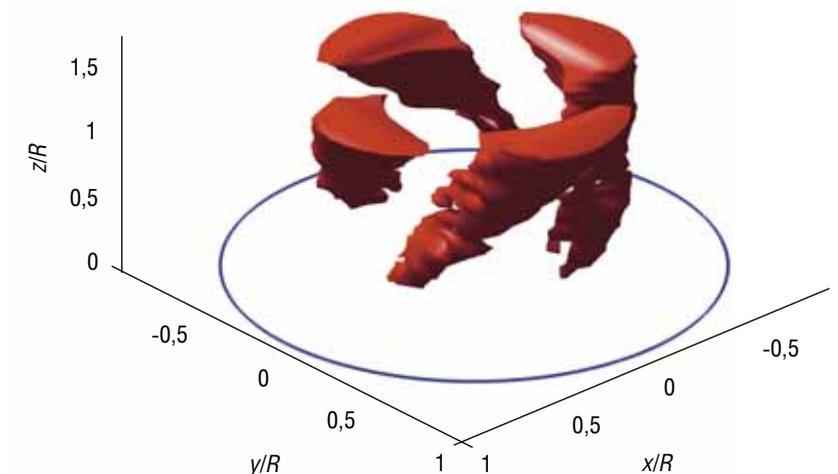
Коллективом ученых из Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН и Технического университета Дании впервые показаны и экспериментально исследованы устойчивые конфигурации самоорганизующихся вихревых мультиплетов в закрученном потоке жидкости, генерируемом в полости цилиндра его вращающимся торцом

Вихревые мультиплеты образуются при распаде одиночного вихря. Поэтому экспериментальное изучение этого процесса важно не только для понимания природы самого явления, но и для исследования различных вихревых конфигураций. Именно таким образом ранее были исследованы вихревые дуплеты.

Визуализировать процесс распада вихря, образующегося в сосуде с жидкостью, можно в условиях лабораторного опыта с помощью красителя. Распад концентрированного вихря характеризуется резким замедлением скорости по его оси,

иногда приводящим к образованию зоны обратного течения (*рециркуляции*). Этот процесс можно отследить благодаря захваченному вихрем красящему веществу, которое первоначально распределено строго вдоль вихревой оси.

В рамках совместной работы сибирских и датских ученых была проведена серия экспериментов, направленная на выявление пространственной структуры устойчивых мультиплетных форм распада вихря. В работе были использованы две однотипные экспериментальные установки, представляющие



Исследование реконструкции трехмерного поля скорости вихревого мультиплета позволило четко идентифицировать возникающую вихревую структуру. На реконструкции трехмерного поля скорости вихревого квадруплета показана изоповерхность высокой положительной осевой компоненты вектора скорости ( $R$  – радиус цилиндра)



Светлая и темная области соответствуют положительному и отрицательному отклонениям значений завихренности от осесимметричного гауссова распределения

собой круговые цилиндры с вращающимся торцом и отличающиеся только размерами и рабочими жидкостями. Характеристики закрученного потока, получаемого в них при вращении торца, определяются двумя режимными параметрами: отношением высоты цилиндра к радиусу основания и числом Рейнольдса, связанным с угловой скоростью вращения торца и вязкостью рабочей жидкости. В экспериментах были использованы цилиндры с диаметрами 5,6 и 30 см, содержащие дистиллированную воду и 75 %-ю водно-глицериновую смесь соответственно.

Прямое сопоставление визуальных картин течения, полученных на обеих установках, позволило установить, что при одинаковых значениях режимных параметров в них реализуются одни и те же режимы распада вихря с устойчиво воспроизводимыми вихревыми мультиплетами. Неслучайный характер полученных визуализаций подтверждается и исследованием трехмерного поля скорости, построенном с помощью стереоскопической системы цифровой трассерной визуализации 3D PIV на режимах получения устойчивых вихревых образований. Это исследование позволило не только определить начало перехода от осесимметричного течения к режиму с равновесно вращающимися мультиплетами, но и четко идентифицировать возникающую вихревую структуру.

С прикладной точки зрения, важность существования такого явления, как распад вихря с образованием вихревых мультиплетов, весьма велика. Оно может стать отправной точкой для описания отдельных режимов работы вихревых установок, создания концепции многоячейного облакообразования в центре интенсивных тропических циклонов, а также моделирования торнадо с мультивихревой структурой ядра.

К. т. н. И. В. Наумов (Институт теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН, Новосибирск), д. ф.-м. н. В. Л. Окулов (Технический университет Дании, Копенгаген)

В поперечных сечениях распадающегося осевого вихря отчетливо выделяются различные типы регулярных вихревых мультиплетов, в том числе и впервые полученные в лабораторных условиях триплеты и квадруплеты.

#### Литература

Okulov, V. L. On the stability of multiple helical vortices // *J. Fluid Mech.* 2004. V. 521. P. 319–342.

Окулов В. Л., Наумов И. В., Соренсен Ж. Н. Самоорганизующиеся вихревые мультиплеты в закрученном течении // *Письма в ЖТФ.* 2008. Т. 34, № 15. С. 89–95.

Наумов И. В., Окулов В. Л., Соренсен Ж. Н. Применение 3D PIV для диагностики самоорганизующихся вихревых мультиплетов // *Оптические методы исследования потоков: Труды 10-й Международной научно-технической конференции. Москва, 23–26 июня 2009 г. М.: Изд. МЭИ, 2009. С. 342–345.*

# СИМФОНИЯ КАТАСТРОФ



17 августа 2009 года произошла разрушительная авария на Саяно-Шушенской ГЭС. В «Акте технического расследования причин аварии» основной причиной было названо «многократное возникновение дополнительных нагрузок переменного характера на гидроагрегат». Что это за дополнительные нагрузки и каков их источник, установлено не было.

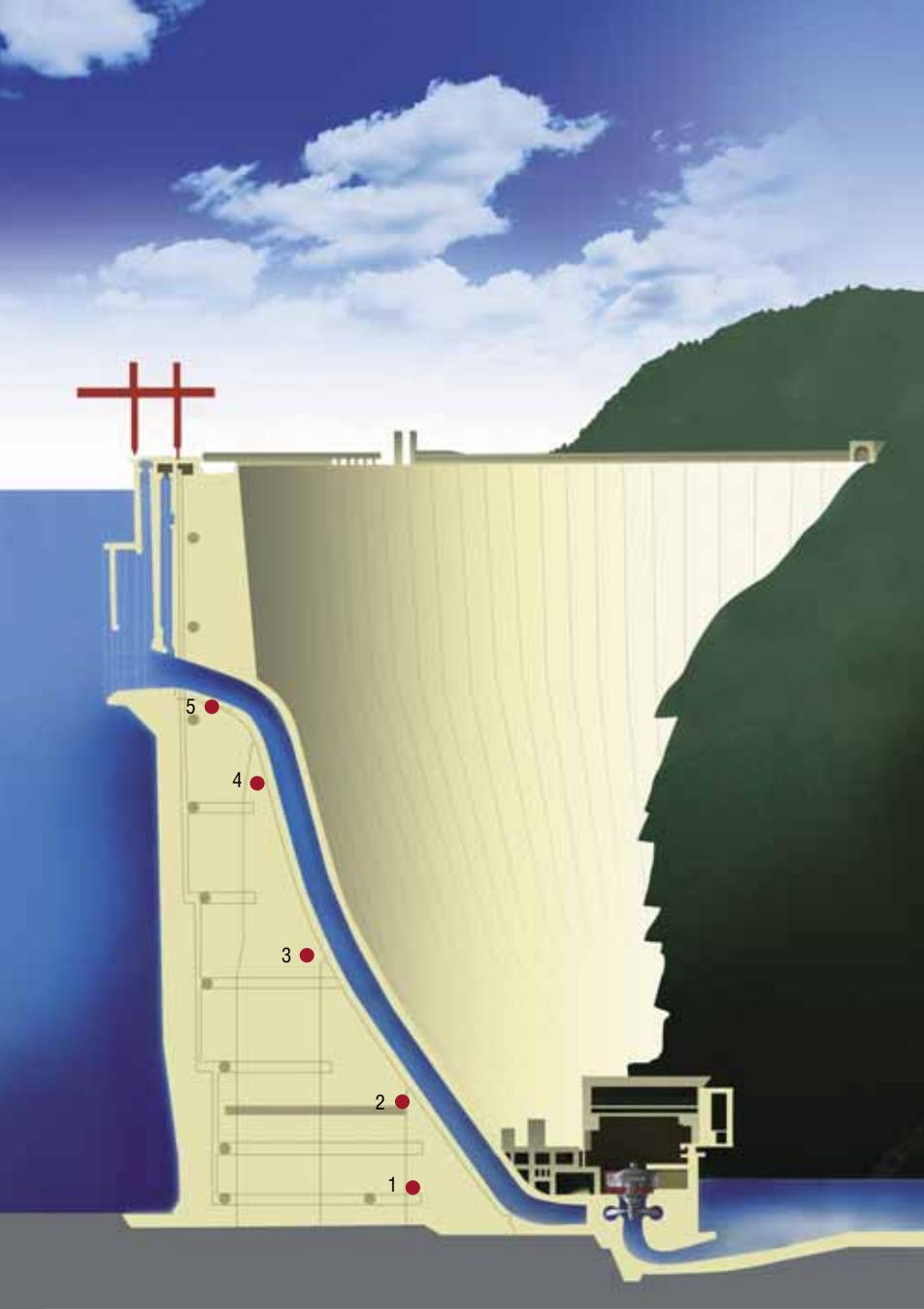
Сразу после трагедии на станцию отправились специалисты СО РАН. Первое предположение относительно причин аварии заключалось в том, что это был гидроудар, который и выбил турбину. Геофизики предложили воспользоваться данными находящейся рядом сейсмической станции Геофизической службы СО РАН «Черемушки». Расшифровка записей показала, что гидроудара не было, но за 2,7 секунды до начала аварии были небольшие по амплитуде колебания, пришедшие с ГЭС. В процессе расследования причин аварии выяснилось, что приход первого импульса совпал по времени с моментом отрыва первых гаек на крышке гидроагрегата. Через 2,7 секунды после этого крышка оторвалась.

В дальнейшем, анализируя события, произошедшие на ГЭС, геофизики поняли, что система наблюдения за такого рода объектами устроена неправильно. В настоящее время вокруг агрегатов сосредоточено достаточно большое количество датчиков, которые измеряют или смещение, или производные от смещения агрегатов и фиксируют максимальное изменение за определенный интервал времени.

Гидроагрегат – это сложная колебательная система со многими источниками. Среди таких источников могут быть и лопасти турбины, которые колеблются при попадании на них потока воды; и направляющие лопатки, которые изменяют поток, идущий на турбину; и жгут, возникающий в воронке при вращении воды в турбине. Могут быть и другие источники, число которых еще надо умножить на количество агрегатов.

Наблюдать с помощью таких датчиков за работой агрегатов – то же самое, что записывать игру симфонического оркестра не микрофоном, а шумометром.

**Ключевые слова:** гидростанция, авария, Саяно-Шушенская ГЭС, техническая диагностика  
**Key words:** hydroelectric power station, break-down, Sayano-Shushenskaya hydroelectric power station, technical diagnostics



При проведении испытаний шестого гидроагрегата в теле плотины Саяно-Шушенской ГЭС было установлено 12 комплектов сейсмической аппаратуры. Анализируя сейсмическую запись, можно контролировать работу гидроагрегатов с помощью технологии, предложенной сибирскими учеными

Оркестр издает множество различных по частоте и интенсивности колебаний. Хороший музыкант может, прослушав фрагмент исполняемого оркестром произведения, записать, что было исполнено и на каком инструменте. Каждый инструмент звучит на своей частоте, а общая картина звучания записывается нотами.

Подобный образ легко переводится на язык физики: производится спектральный анализ вибраций, выделяются отдельные «ноты» (частоты) для последующего анализа. По записи сейсмических колебаний, проведя спектральный анализ и выделив различные источники колебаний, можно восстановить, какой источник сейсмических ко-

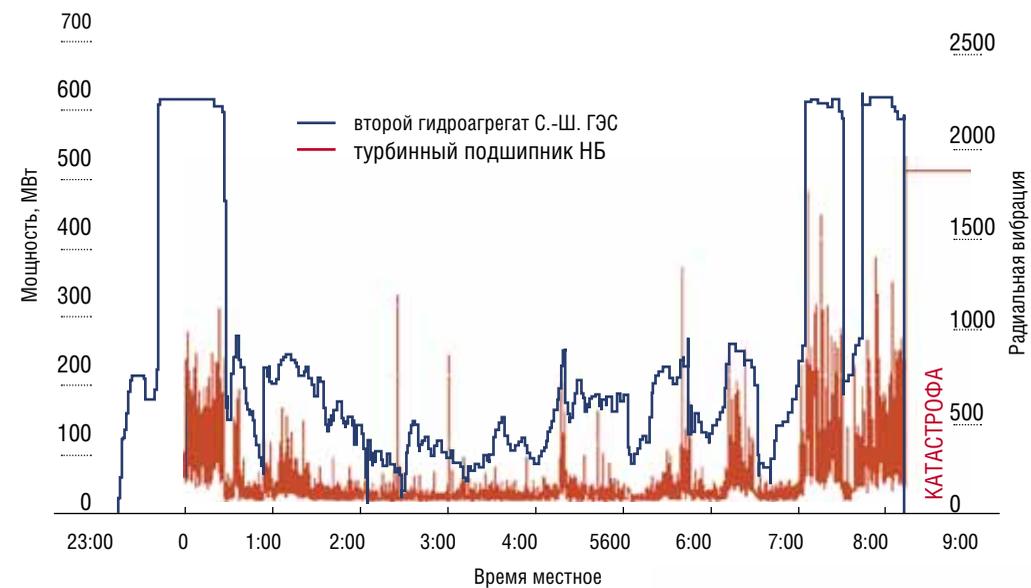
лебаний, на какой частоте, с какой интенсивностью, с какой характеристикой направленности и как долго работал.

И хотя эти колебания находятся не в звуковом диапазоне, они имеют тот же вид, что и звуковые, т.е. их можно разложить по частотам и проанализировать различные спектральные составляющие. Специалистам Геофизической службы СО РАН удалось разработать технологию, с помощью которой по сейсмической записи можно проанализировать различные режимы работы гидроагрегатов, контролировать их работу и создать систему типа «черного ящика».

Когда на Саяно-Шушенской ГЭС после аварии стали запускать шестой гидроагрегат, геофизики установили в машинном зале и в теле плотины двенадцать сейсмостанций и изучили, что излучает гидроагрегат при различных режимах работы. На сейсмостанции «Черемушки» также были получены записи сейсмических колебаний в период испытаний шестого гидроагрегата. Эта серия испытаний позволила более надежно расшифровать запись, полученную на сейсмостанции до и в момент аварии.

Нужно заметить, что еще при строительстве Саяно-Шушенской ГЭС, во время ввода турбин в эксплуатацию выяснилось, что вывести их на планируемый режим (более 700 МВт) невозможно. На малой мощности колебаний практически не было, но при увеличении мощности начиналась сильная вибрация. Потом она уменьшалась, и на мощности около 500 МВт станция начинала работать нормально. При увеличении мощности свыше 600 МВт вибрация быстро нарастала, и было принято решение не эксплуатировать турбины на этих режимах. Природа такого поведения агрегатов до сих пор непонятна.

Новый метод позволяет надеяться на то, что с его помощью ученые сумеют установить причину сильных



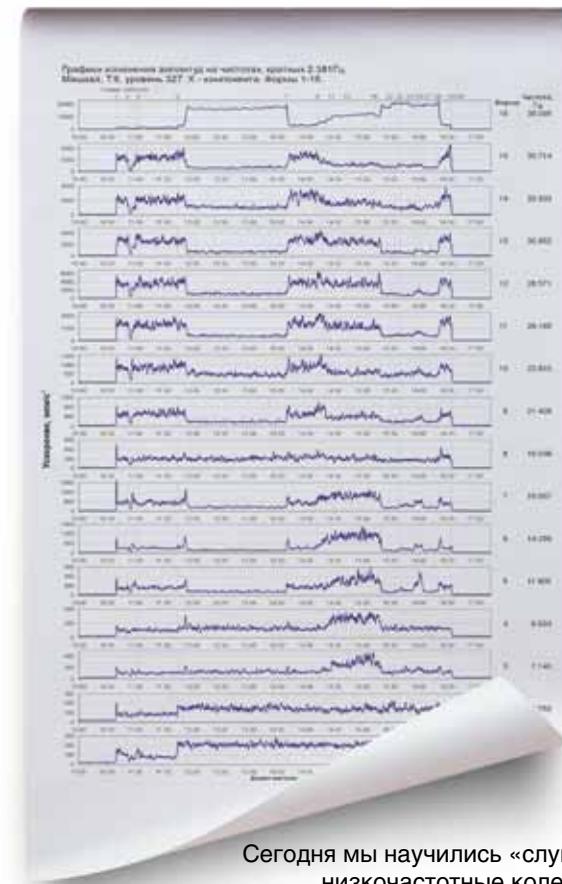
На графике отчетливо видно, что за несколько часов до аварии на ГЭС изменение мощности гидроагрегата сопровождалось изменением уровня вибрации турбинного подшипника. Данные 17 августа 2009 г.

колебаний - если разложить колебания по источникам, то можно определить их силу и понять причину возникновения. В настоящее время специалисты научились «слушать» низкочастотные колебания работающего гидроагрегата.

**К**акой вывод следует сделать из произошедшего на станции? Есть два пути решения проблемы. Первый путь – постоянный контроль. Если вибрация превышает определенные значения, работу механизмов нужно останавливать и разбираться в причинах. Второй путь – провести исследования и выяснить, почему происходят подобные вибрации и как их можно устранить. Предложенная технология в принципе позволяет это делать.

Сейчас Саяно-Шушенская ГЭС восстанавливается в том же виде, в каком она была до аварии. А это значит, что причины аварии остаются неустраненными. У нас есть подозрение, что при некоторых режимах работы происходят значительные акустические колебания, приводящие к тому, что гидроагрегат и подающая воду труба начинают сильно вибрировать, и эти вибрации совпадают по частоте с собственными частотами различных элементов конструкции гидроагрегата. Такого совпадения излучаемых и собственных частот нельзя допускать. Это правило следует четко прописать в законах, регулирующих промышленную безопасность.

*Литература*  
 Лобановский Ю.И. *Технические причины катастрофы на Саяно-Шушенской ГЭС (итоги расследования)* // [www.synerjetics.ru](http://www.synerjetics.ru)  
 Курзин В.Б., Селезнев В.С. *О механизме возникновения высокого уровня вибраций турбин Саяно-Шушенской ГЭС* // *Прикладная механика и техническая физика*, 2010. № 4, Т. 51. С. 166–175.



Сегодня мы научились «слушать» низкочастотные колебания работающего гидроагрегата. Анализ изменений в амплитудах спектров на частотах, кратных частоте вращения гидроагрегата, позволяет контролировать режим его работы

Д. г.-м. н. В.С. Селезнев (Геофизическая служба СО РАН, Новосибирск)

# А на Чукотке холодает

В Институте мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (Томск) исследуют региональные особенности глобального изменения климата на огромной территории азиатской части России

Сегодня как ученых-климатологов, так и широкое гражданское сообщество волнует вопрос: вызвано ли наблюдаемое потепление антропогенным воздействием или оно обусловлено природной цикличностью климата? Однозначного ответа на него нет, есть только набор аргументов «за» или «против» той или иной причины.

В этой ситуации особое значение приобретает масштабное изучение закономерностей изменения важнейших характеристик климата (температуры, давления, уровня атмосферных осадков и др.). Такие исследования для азиатской территории России были выполнены в ИМКЭС СО РАН за период, соответствующий началу современного глобального потепления (1975—2005 гг.).

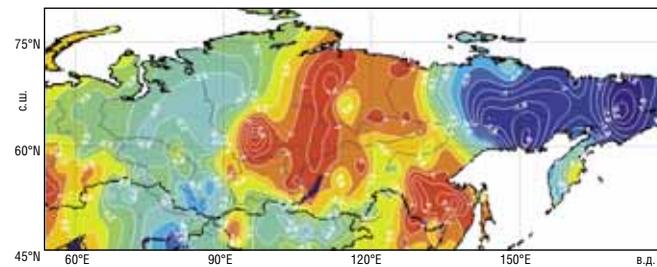
Анализ данных инструментальных наблюдений на 454 метеостанциях показал, что за 30 лет среднегодовая температура на всей территории повысилась на 1°C и составила –6,41°C. При этом потепление происходило неравномерно: более высокие темпы характерны для февраля, марта, мая и октября. А в декабре, напротив, отмечено даже небольшое похолодание.

Динамика температурных изменений была различна и для разных частей обследуемой территории. Так, в январе интенсивное потепление в Восточной Сибири сопровождалось значительным похолоданием на Чукотке. Подобный характер изменения температуры нельзя объяснить накоплением в атмосфере парниковых газов, поскольку они, будучи химически инертными, равномерно распределены над территорией и должны вызывать однонаправленные изменения.

Для выявления роли других факторов в изменении регионального климата была изучена динамика показателей атмосферной циркуляции. Оказалось, что за исследованный период скорость преобладающего на этой территории западного переноса воздуха увеличилась примерно на 10%; число циклонов и антициклонов уменьшилось при одновременном увеличении

**Ключевые слова:** климат, потепление, парниковые газы, атмосферная циркуляция

**Key words:** climate, warming, greenhouse gases, atmospheric circulation



Распределение скоростей изменения температуры (трендов) (°C/10лет) на азиатской территории России за январь в период 1975—2005 гг.

их продолжительности. По оценкам, суммарный вклад атмосферной циркуляции в наблюдаемые изменения температуры составил 60%.

Средние по территории показатели давления снизились на 1гПа, что может быть связано с уменьшением интенсивности Сибирского антициклона, господствующего здесь в зимний период; осадки также несколько уменьшились.

Таким образом, хотя в целом климат у нас становится заметно теплее, это утверждение нельзя автоматически распространять на все регионы. Наиболее устойчиво прогревается Восточная Сибирь, тогда как в Западной Сибири в сезонном температурном ходе чередуются процессы потепления и похолодания. В результате климат в западно-сибирском регионе становится менее стабильным, что затрудняет его долгосрочный прогноз.

Полученные результаты важны не только для оценки перспектив хозяйственного развития региона, но и для проверки численных климатических моделей, призванных предсказать грядущие климатические изменения.

## Литература

Ипполитов И. И., Кабанов М. В., Логинов С. В., Харюткина Е. В. Структура и динамика метеорологических полей на азиатской территории России в период интенсивного глобального потепления 1975—2005 гг. // Журнал Сибирского Федерального университета. Биология. 2008. № 1 (4), С. 323—344.

Д. ф.-м. н. И. И. Ипполитов (Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск)

# Под парниковой «крышей»



В Институте оптики атмосферы им. В. Е. Зуева СО РАН (Томск) определены темпы роста концентраций парниковых газов в атмосфере в региональном масштабе за последние десять лет

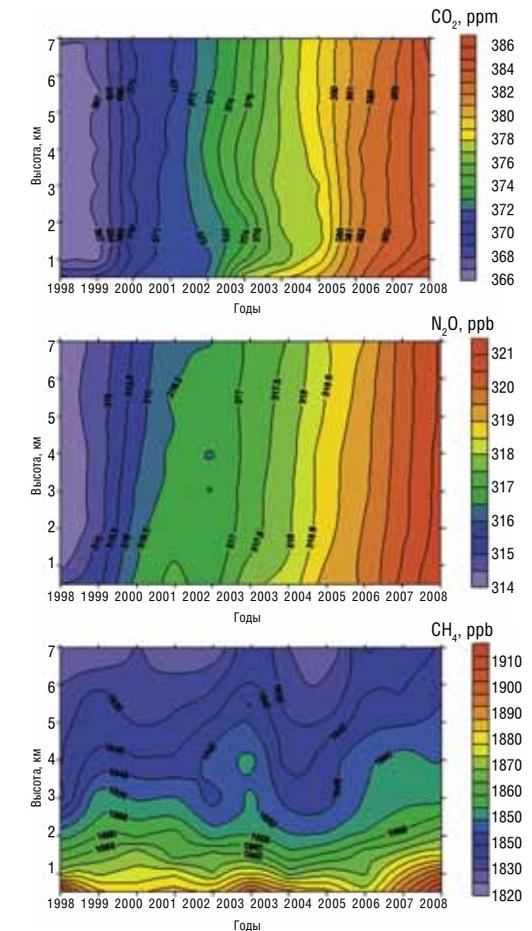
Известно, что за последние 650 тыс. лет Земля испытала несколько периодов потепления, сопровождавшихся ростом парникового эффекта (увеличением притока солнечной радиации за счет роста концентрации в атмосфере так называемых парниковых газов). К парниковым газам, помимо водяного пара, в первую очередь относятся углекислый газ (CO<sub>2</sub>), метан (CH<sub>4</sub>) и закись азота (N<sub>2</sub>O). В XXI в. концентрации этих газов в атмосфере в глобальном масштабе значительно превысили максимальные уровни доиндустриального периода.

Результаты многолетнего самолетного мониторинга парниковых газов в Западной Сибири, проводимого исследователями из ИОА СО РАН, показали, что в региональном масштабе концентрации углекислого газа и закиси азота в толще зондируемой атмосферы (до 7 км) также возросли.

Зато в многолетнем ходе концентрации метана в атмосфере однозначного тренда не было обнаружено. Были выявлены лишь короткопериодные вариации концентраций, при том что его уровни над сибирскими территориями сейчас превышают среднее глобальное значение примерно на 10—25%.

**Ключевые слова:** парниковые газы, парниковый эффект, мониторинг атмосферы, климат

**Key words:** greenhouse gases, greenhouse effect, monitoring, climate



Многолетняя динамика концентрации основных парниковых газов над югом Западной Сибири изучалась с использованием специально оборудованного самолета-лаборатории

Результаты этих исследований будут использованы для уточнения прогностических моделей атмосферного переноса, что имеет важное значение для решения проблемы изменения климата планеты.

## Литература

Панченко М. В. Смотрящие за атмосферой // НАУКА из первых рук. 2009. № 5. С. 54—63.

Д. ф.-м. н. Б. Д. Белан, к. ф.-м. н. М. Ю. Аршинов (Институт оптики атмосферы им. В. Е. Зуева СО РАН, Томск)

# Чистый солнечный КРЕМНИЙ

*В Институте теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН (Новосибирск) разработана и апробирована энергосберегающая и экологически чистая плазмохимическая технология получения солнечного кремния*

Промышленное производство чистого кремния – основного сырьевого материала для солнечной энергетики – до сих пор является весьма дорогостоящим. Поэтому создание высокоэффективных и при этом менее энергозатратных технологий получения солнечного кремния остается актуальной задачей.

Учеными из ИТ СО РАН совместно со специалистами Ульбинского металлургического завода (Усть-Каменогорск, Казахстан) предложена и отлажена на лабораторном стенде плазмохимическая технология производства кремния высокой чистоты на базе специально разработанных экспериментальных установок.

Новая технология двухстадийна. На первой стадии в графитовом реакторе происходит синтез карбида кремния из мелкодисперсного кварцита и пироуглерода с использованием энергии электродугового двухструйного плазмотрона. На второй стадии с помощью полученного нанопорошка карбида кремния происходит восстановление кремния из его диоксида ( $\text{SiO}_2$ ) в плазменно-дуговой электропечи с графитовыми электродами.

Карбид кремния, получаемый на первой технологической стадии, сам по себе является ценным продуктом, который используется для производства абразивного инструмента и жаропрочных конструкций для высо-

котемпературных печей. Более того, для этих целей он требуется в виде очень мелкого порошка: чем меньше будут частицы, тем дешевле производство. А поскольку реакция синтеза карбида кремния проходит в газовой фазе, при его конденсации получается ровно то, что нужно: наночастицы размером 5–20 нм. Именно благодаря этому обстоятельству значительно повышается и эффективность порошка SiC на второй стадии новой технологии получения кремния.

В современных условиях одно из важнейших требований к новым промышленным технологиям – снижение энергоемкости производства. В нашем случае разделение производственного процесса на две автономные стадии дает возможность оптимизировать величину удельных энергозатрат на изготовление каждого полезного продукта, поскольку температурные режимы для получения карбида кремния и самого кремния существенно разнятся. По оценкам, производство солнечного кремния по новой технологии может дать 2–3-кратную экономию электроэнергии в сравнении с известным карботермическим методом.

На сегодня уже проведены поисковые технологические испытания плазменных установок и отработаны режимы по оптимизации производства целевых продуктов.

На основе полученных результатов составлено техническое задание на создание пилотных установок для отладки технологии в промышленных условиях. Оборудование, спроектированное и изготовленное в новосибирском СКБ «Сибэлектротерм», будет использовано для проведения комплексных технологических испытаний на Ульбинском металлургическом заводе.

Д. т. н. А. С. Аньшаков, д. т. н. Э. К. Урбах  
(Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, Новосибирск)

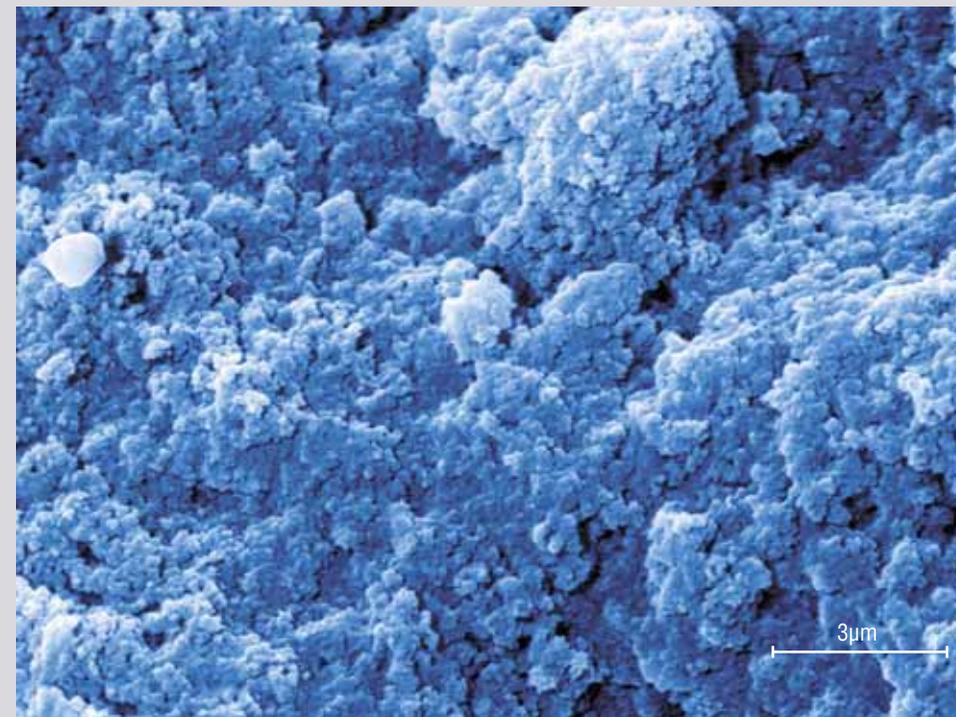
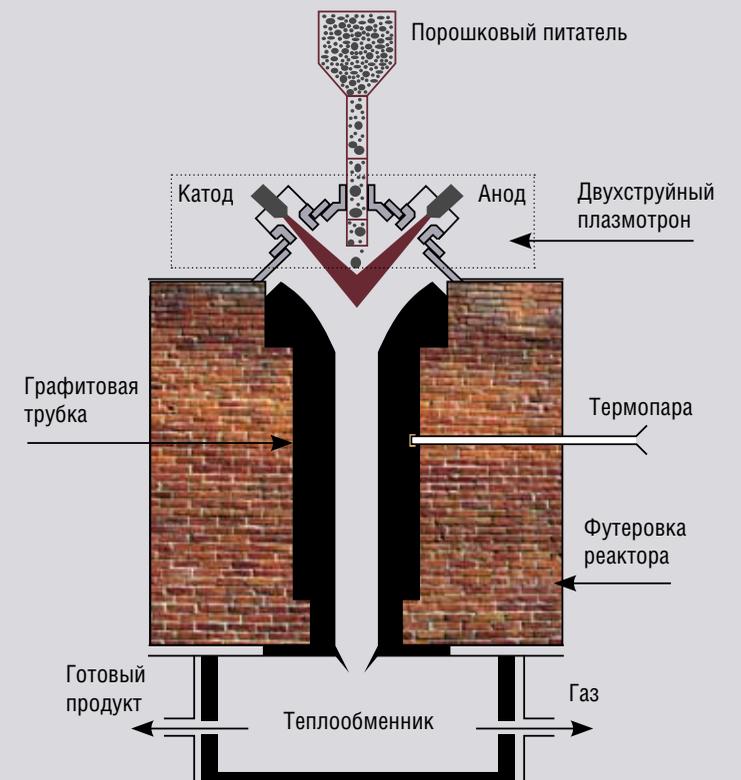
В плазмохимическом реакторе для синтеза карбида кремния, разработанном в ИТ СО РАН, осуществляется первая технологическая стадия производства чистого кремния.

Сначала гранулированная смесь диоксида кремния и пироуглерода попадает в дугу аргоновой плазмы с температурой свыше 10 000 К, где переводится в газобразное состояние.

Затем смесь уже в виде газа движется вдоль графитовой трубки, предварительно разогретой дуговым разрядом плазмотрона до 1800 К, превращаясь в карбид кремния с выделением углекислого газа.

Полученный карбид кремния конденсируется в теплообменнике, совмещенном с реактором. Выход целевого продукта в виде нанопорошка составляет до 95 %.

Сбор конечного продукта может осуществляться разными способами, например, с помощью циклона и рукавного фильтра



В плазмохимическом реакторе карбид кремния (SiC) синтезируется в виде очень мелкого порошка, состоящего из частиц размером 5–20 нм. *Электронная микроскопия*

*Литература*  
Anshakov A.S., Urbakh E.K., Faleev V.A. and Urbakh A.E. *Plasmachemical reactor for silicon carbide synthesis // Proc. VI Int. Conf. «Plasma Physics and Plasma Technology», Minsk, Belarus. 28 Sept. 2 Okt. 2009. Vol. II. P. 586.*

*Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований СО РАН 3.5.8*

# ПУТЬ В ГЛУБИНЫ ТВЕРДОГО ТЕЛА

*На стыке физики, механики, химии и материаловедения развивается новое научное направление – физическая мезомеханика материалов, описывающая деформируемое твердое тело как иерархически организованную дефектную систему, внутри которой в полях внешних воздействий самосогласованно развиваются процессы на нано-, микро-, мезо- и макромасштабном уровнях. Разработанный научный аппарат и полученные фундаментальные знания применяются для конструирования материалов нового поколения и создания неразрушающих методов их диагностики и контроля, используются в электронике, катализе и биологии*

В Российской академии наук материаловедческие институты проходят по отделению химии и наук о материалах. Такое соседство не случайно. Исторически материаловедение было прерогативой химиков, открывших основные элементы периодической системы их великого коллеги Д. И. Менделеева.

Однако пришло время, когда новые материалы стали конструироваться на базе фундаментальных представлений физики, механики, химии, биологии, математики, информатики с использованием современных компьютерных технологий. В Сибирском отделении Академии наук такую перспективу хорошо видели изначально.

К середине прошлого века на базе Томского государственного университета и созданного при нем Сибирского физико-технического института сложилась крупная научная школа физиков-материаловедов, в которой на основе физики и механики деформируемого твердого тела развивались новые материаловедческие подходы, позволившие выйти на компьютерное конструирование материалов. Большую поддержку в этой работе оказы-



ПАНИН Виктор Евгеньевич – действительный член РАН, профессор, доктор физико-математических наук. Советник РАН.

Создатель мультидисциплинарного научного направления – физической мезомеханики материалов. Организатор Института физики прочности и материаловедения СО РАН (Томск). Автор и соавтор более 600 научных трудов, включая 12 монографий, 39 патентов и авторских свидетельств на изобретения.

Лауреат Премии им. академика В. А. Коптюга (2002) и Премии им. академика М. А. Лаврентьева (2010)

*Ключевые слова:*

мультидисциплинарность, физика, механика, наноструктурное материаловедение, деформация, разрушение.

*Key words:* multidisciplinary approach, physics, mechanics, nanomaterials science, deformation, fracture

вал Институт прикладной математики и механики при ТГУ, располагавший хорошей вычислительной базой.

В результате такого сотрудничества в материаловедении появилось новое междисциплинарное направление, окончательно сформировавшееся в Институте физики прочности и материаловедения СО РАН и известное сегодня в научном мире как *физическая мезомеханика материалов*.

### Между микро- и макро-

Проблемы пластичности и прочности конструктивных материалов долгое время рассматривались исключительно в рамках механики сплошной среды, позволявшей решать широкий круг инженерных задач на макромасштабном уровне. Однако материаловеды хорошо понимали, что макромеханические характеристики связаны с внутренней структурой материала, влияющей на механизмы пластического сдвига, зарождение трещин и разрушение материала. Решение подобных проблем было уже прерогативой физиков, исследовавших процессы деформации и разрушения на уровне кристаллической структуры твердых тел.

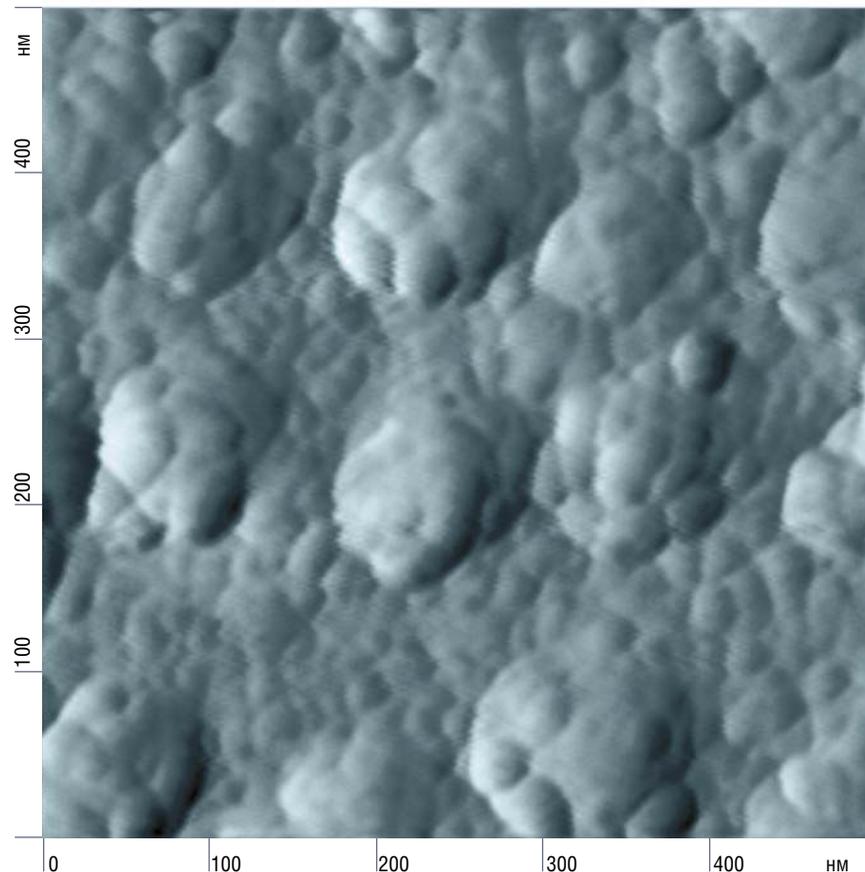
Теоретические модели этих явлений разрабатывались

физиками до середины XX в., когда произошел подлинный прорыв в микромир в результате использования просвечивающей электронной микроскопии при исследовании тонкой структуры кристалла. Обнаружение дефектов кристаллической структуры, названных *дислокациями*, стало революцией в физике твердого тела, определившей развитие науки о пластичности и прочности твердых тел на следующие полвека. Выяснилось, что именно поведение дислокаций, возникающих под действием приложенного к кристаллу напряжения, определяет его пластическую деформацию.

Вслед за этим перед теоретиками встала новая задача – рассчитать поведение сложных дислокационных ансамблей в деформируемом твердом теле и связать их с макромеханическими характеристиками. Однако все подобные попытки оказались безуспешными. Четверть века назад томские ученые доказали принципиальную невозможность прямого перехода от теории дислокаций к механике сплошной среды (от микромасштабного структурного уровня сразу к макромасштабному). Более того, было показано, что для корректного описания трансформации внутренней структуры деформируемого твердого тела необходимо введение целой иерархии промежуточных мезомасш-

В процессе нагрева двух сопряженных разнородных сред на поверхности их раздела возникает «шахматное» распределение чередующихся зон сжимающих и растягивающих нормальных напряжений, но только в зонах растягивающих напряжений возникают атомные перераспределения и процессы локального массопереноса. Проявление эффекта «шахматной доски» на тонкой пленке меди, напыленной на плоский образец титана, после термического отжига при температуре 723 К в течение часа.

Атомно-силовая микроскопия

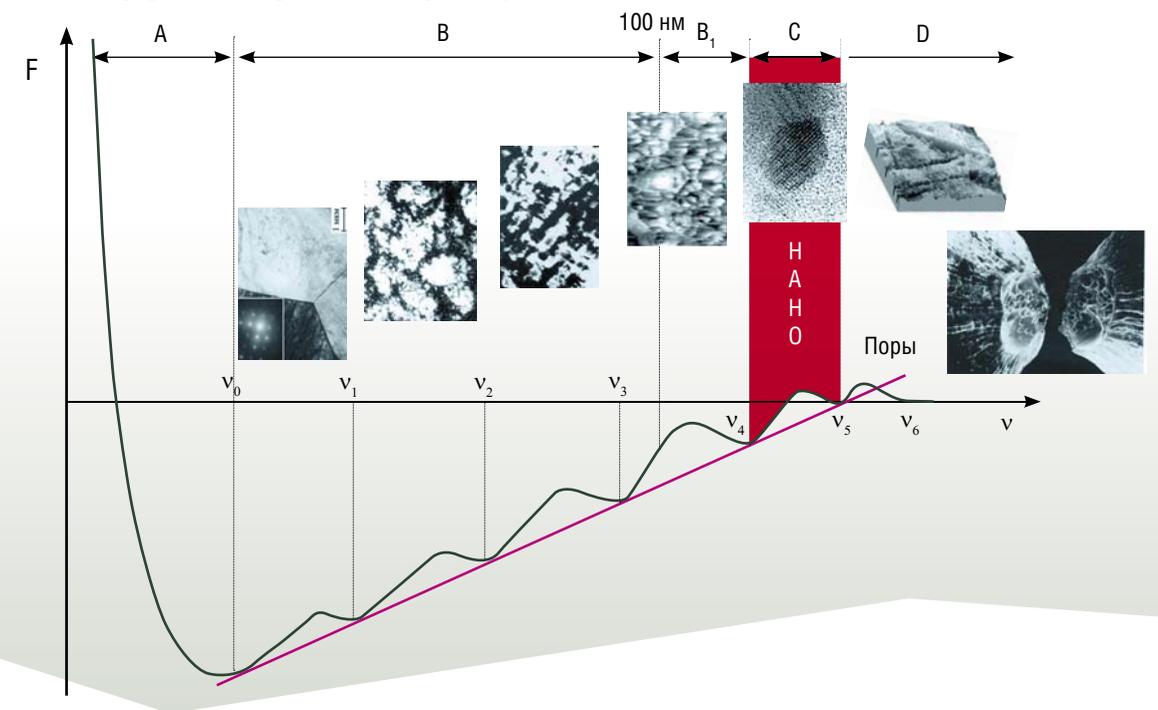


### НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ФИЗИЧЕСКОЙ МЕЗОМЕХАНИКИ

Недеформированный кристалл стабилизирован строгой периодичностью своей кристаллической решетки и имеет в этом состоянии минимум термодинамического потенциала Гиббса  $F(v)$ , который соответствует равновесному молярному объему  $v=v_0$ . Появление деформационных дефектов повышает термодинамический потенциал и выводит кристалл из состояния термодинамического равновесия. Любая система стремится минимизировать свой термодинамический потенциал, поэтому в деформируемом кристалле происходит самоорганизация дефектов, ведущая к его структурной фрагментации. В процессе деформации дефекты самоорганизуются

в метастабильные субструктуры, соответствующие локальным минимумам  $F(v)$  в точках  $v_1, v_2, \dots, v_n$  при этом масштаб фрагментации структуры кристалла измельчается по мере увеличения интегральной плотности дефектов.

Важно отметить, что для описания поведения фрагментированного кристалла вместо сложных дислокационных ансамблей можно использовать уравнения мезомеханики. Движение отдельных дислокаций учитывается как аккомодационный процесс на основе полевой теории дефектов.



Зависимость термодинамического потенциала Гиббса от молярного объема материала с учетом локальных зон гидростатического растяжения различного масштаба, в которых развиваются деформационные дефекты (А – область гидростатического сжатия; В – область макро-, мезо- и микромасштабных структур; В<sub>1</sub> – область наномасштабных структур; С – область наноструктурных состояний; D – область пористости и разрушения)

Деформируемое твердое тело представляет собой иерархически организованную дефектную систему, самосогласованно развивающуюся на макро-, мезо-, микро- и наномасштабном уровнях. Поверхностный слой и внутренние границы раздела являются ее важными функциональными подсистемами, где зарождаются пластические сдвиги и разрушение материала. Иерархическое самосогласование всех масштабов деформационных дефектов, включая трещины, описывается на основе зависимости термодинамического потенциала Гиббса от молярного объема материала с учетом локальных зон гидростатического растяже-

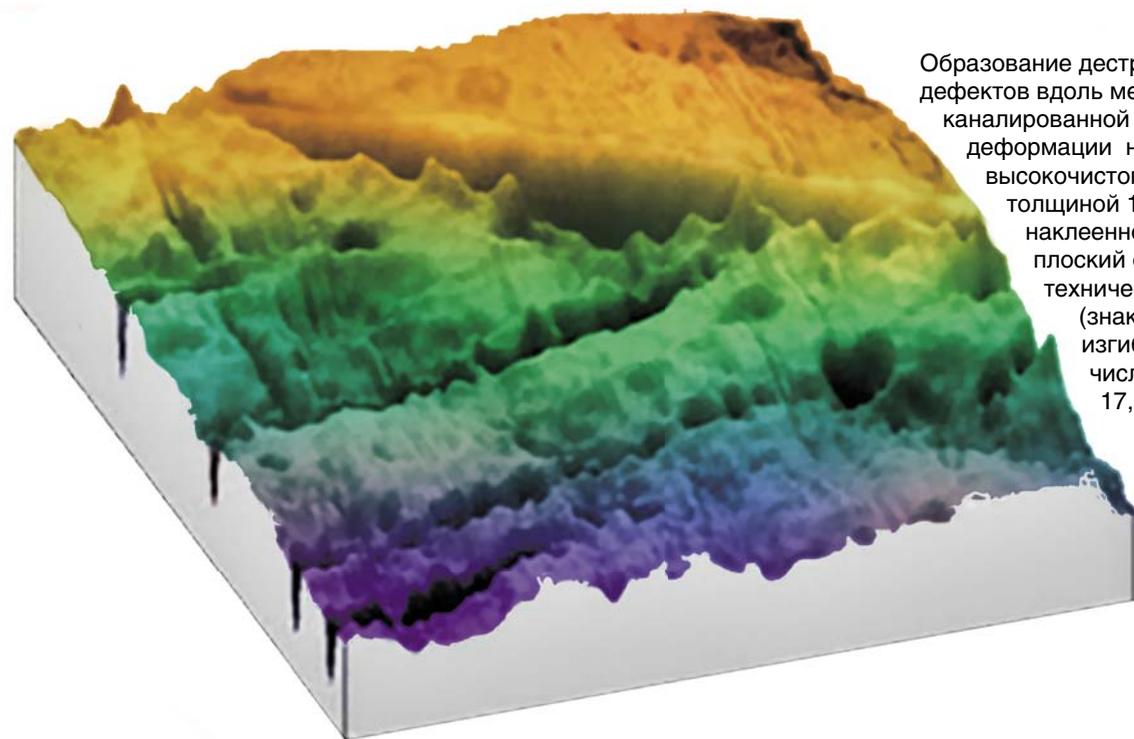
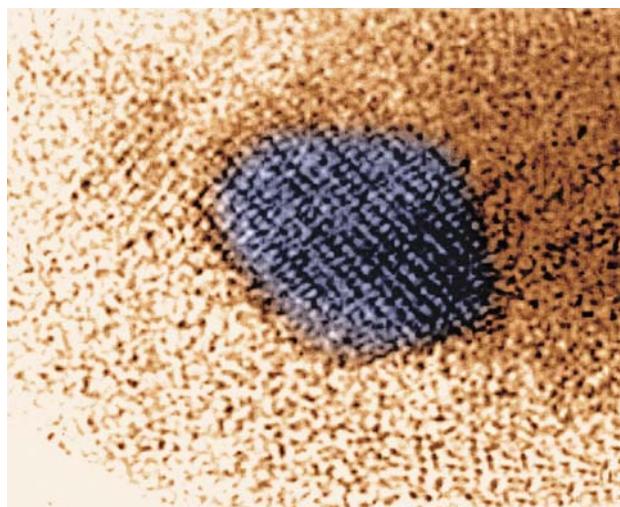
ния, где зарождаются дефекты. Образование трещин в таких зонах обусловлено возникновением в них наноструктурных состояний, которые характеризуются наличием квазиаморфных прослоек с положительным термодинамическим потенциалом Гиббса. Наномасштабному уровню отводится базовая роль в определении природы структурных превращений, связанных с образованием деформационных дефектов. С приближением  $F(v)$  к нулю в неравновесном материале возникают двухфазные предпереходные наноструктурные состояния, составляющие основу наноинженерии.

### ПОЧЕМУ И КАК РАЗРУШАЕТСЯ МАТЕРИАЛ

Разрушение нагруженного кристалла имеет физико-механическую основу. Механика определяет критическую зону гидростатического растяжения с наноструктурными состояниями и положительным термодинамическим потенциалом Гиббса в квазиаморфных прослойках. Неравновесная термодинамика обуславливает разрушение конденсированного состояния материала в этой зоне с образованием трещины или поры.

Любая система нормально функционирует только в рамках той структуры, которая отведена ей природой. Нарушение структуры и функциональных возможностей системы неизбежно приводит к ее полной деградации. В этом плане общность термодинамической природы эволюции дефектной подсистемы в деформируемом кристалле и развитие онкологической болезни в живом организме совершенно очевидна. Прораствание фрагментируемого кристалла дефектными прослойками в процессе деформации подобно метастазам раковой опухоли. При определенной концентрации дефектных прослоек значение термодинамического потенциала, соответствующее локальной стабилизации кристалла, становится положительным. В таком состоянии кристалл существовать не может: в дефектных прослойках развиваются поры и несплошности, приводящие к его разрушению. Другими словами, растущая плотность дефектов ведет к увеличению молярного объема и неравновесности деформируемого кристалла, обрекая его на разрушение.

Появление квазиаморфных прослоек вокруг нанокристаллов размером 30 нм, связанное со структурными изменениями материала в зоне его разрушения. На фото – вещество, извлеченное из пластической зоны царапины на монокристалле апатита. Просвечивающая электронная микроскопия



Образование деструктивных дефектов вдоль мезополос каналированной пластической деформации на пластине высокочистого алюминия толщиной 180 мкм, наклеенной на плоский образец технического алюминия (знакопеременный изгиб при  $T = 293$  К; число циклов  $N = 17,55 \cdot 10^6$ )

табных структурных уровней.

Физическая мезомеханика материалов пошла по пути использования неравновесной термодинамики для описания дефектных подсистем разномасштабных уровней и полевой теории дефектов в деформируемом твердом теле. В современном наноструктурном материаловедении альтернативы такому подходу не существует.

### Новая наука – новое знание

Использование подходов физической мезомеханики к изучению механических свойств различных материалов радикально продвинуло представления ученых о пластичности и прочности твердых тел. Отметим ряд основополагающих результатов, полученных в этой области при представлении деформируемого твердого тела в виде самосогласованной многоуровневой системы.

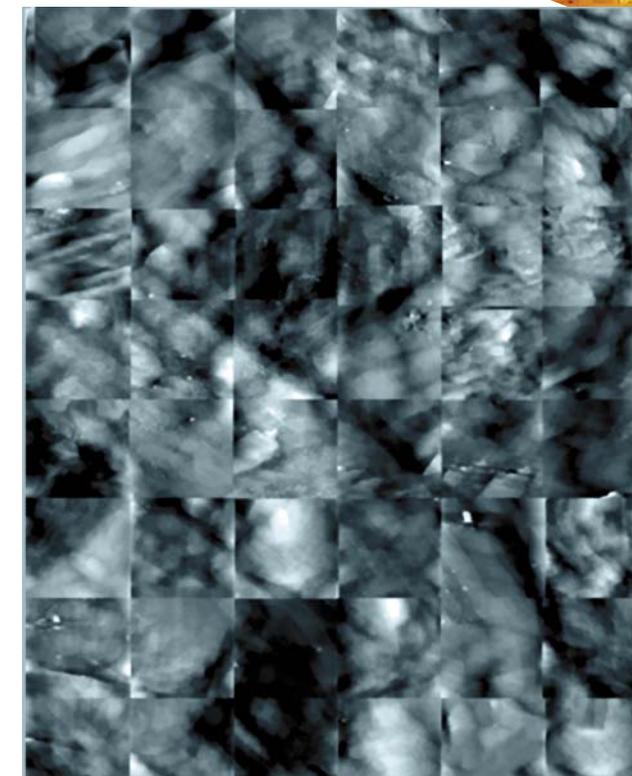
1. Деформационные дефекты не могут возникать в однородно нагруженном равновесном кристалле из-за невозможности в нем локальных структурных превращений. Все виды деформационных дефектов зарождаются в локальных зонах гидростатического растяжения различного масштаба, возникающих в неоднородном поле внутренних напряжений при любом виде нагружения (растяжении, сжатии, изгибе, кручении и т. д.).

2. Волновая природа потоков дефектов на микро- и мезомасштабном уровнях системы обуславливает корпускулярно-волновой дуализм пластических сдвигов в деформируемом твердом теле.

3. На границе раздела двух значительно различающихся по составу и(или) структуре материалов системы возникает «шахматное» распределение чередующихся зон сжимающих и растягивающих нормальных напряжений. Однако только в зонах растягивающих нормальных напряжений могут зарождаться пластические сдвиги. Это объясняет локализацию пластического течения, наблюдаемую на различных масштабных уровнях (эффект каналирования пластической деформации).

4. При возникновении на границе раздела покрытия и кристаллической подложки эффекта «шахматной доски» потоки поверхностных дефектов распространяются только по зонам гидростатического растяжения, формируя полосы локализованной деформации в виде двойных спиралей, где зарождаются усталостные трещины.

5. Эффект «шахматной доски» особенно сильно проявляется при деформации многослойных покрытий, приводя их к постепенному разрушению под воздействием внешних полей (тепловых, механических, электромагнитных и др.).



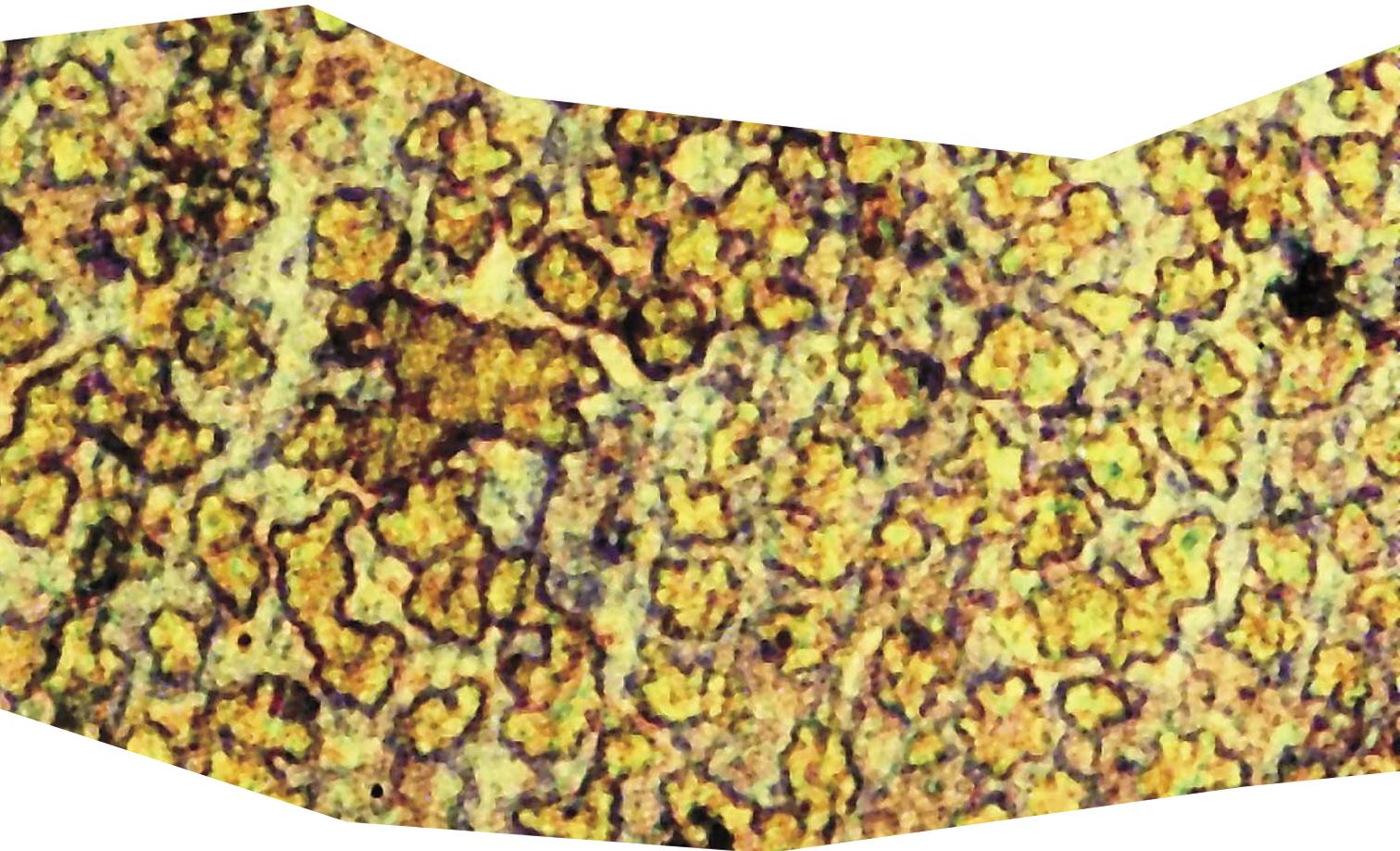
Канализованные пластические сдвиги в виде двойной спирали в наноструктурированном поверхностном слое ферритно-мартенситной стали ЭК-181 (растяжение  $\epsilon=10\%$ ). Сканирующая туннельная микроскопия

### Материальные плоды

В 2007 г. коллектив ученых из Московского государственного индустриального университета, Центрального НИИ химии и механики, ИФПМ СО РАН получил диплом на открытие «Явление взаимного массопереноса контактирующих твердых металлических веществ при импульсном воздействии». По сути, это означает признание нового направления в создании неизвестных прежде композиционных материалов из несмешивающихся компонентов, которое может быть обосновано только с помощью физической мезомеханики.

«НАУКА из первых рук» уже писала об исследованиях в области высокоэффективных теплозащитных покрытий для сопла ракетного двигателя, проводившихся учеными из ИФПМ СО РАН и Исследовательского центра им. М. В. Келдыша (Москва). Теперь этим коллективом созданы новые «умные покрытия» (*smart coatings*), в которых термические напряжения способны обратимо реагировать на изменения параметров плазменного потока.

Эффект «шахматной доски» на границах раздела разнородных сред успешно используется в совместной работе ученых и самолетостроителей для повышения усталостной прочности конструкционных материалов



В результате высокоэнергетического импульсного воздействия твердый материал приходит в сильновозбужденное наноструктурное состояние, позволяющее вводить целые фрагменты инородного вещества внутрь материала без нарушения его сплошности.  
*На фото* – фрагмент листа алюминия с включением меди и вольфрама, иллюстрирующий проникновение одного твердого материала в другой при подведении энергии в зону их контакта с помощью электрического импульса. *Световая микроскопия*

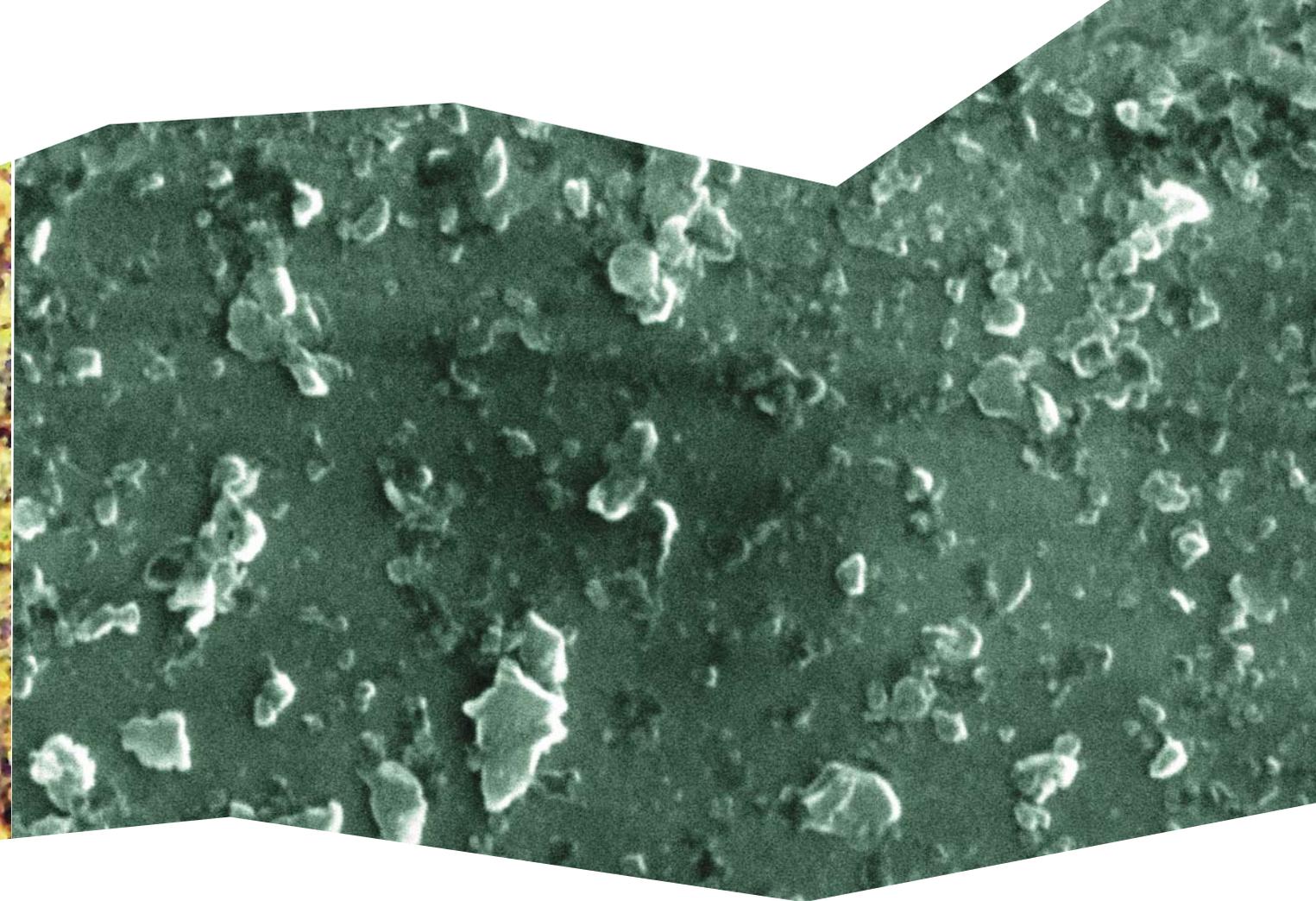
и их сварных соединений. В поверхностном слое циклически нагружаемой конструкции возникают замкнутые петли канализированной пластической деформации, которые, согласно упомянутому эффекту, проходят по клеткам с растягивающими нормальными напряжениями. Чем крупнее эти клетки, тем больше диаметр петель и тем раньше в них начинают развиваться трещины усталостного разрушения.

Превентивное наноструктурирование поверхностного слоя конструкционного материала позволяет существенно измельчить структуру «шахматного» распределения напряжений в этой области и задержать развитие усталостного разрушения конструкции.

С развитием нанотехнологий все большее внимание уделяется созданию новых материалов путем «сборки

снизу», когда наночастицы с аморфной оболочкой специальными методами консолидируются в объемные наноструктурные материалы. Физическая мезомеханика показывает, что на поверхностях трения также создаются условия для образования наночастиц и их консолидации «сборкой снизу».

Частицы износа на поверхностях трения образуются в результате высокоэнергетических воздействий на материал. Это позволяет в контролируемых условиях трения формировать наночастицы износа заданного состава и консолидировать их в поверхностном слое материала. Таким образом, в ходе изнашивания происходит «самоупрочнение» конструкции за счет образования в ее поверхностном слое частиц тугоплавких и высокопрочных соединений.



С помощью подходов, разработанных в рамках физической мезомеханики, можно конструировать износостойкие поверхности трения путем формирования нужного по составу и структуре поверхностного слоя.

*На фото* – субмикроструктурные и наноструктурные частицы высокопрочных соединений карбидов ванадия и титана, выделенные на поверхности трения стали ШХ15 с высокохромистым чугуном, легированном ванадием и титаном. *Световая микроскопия*

Сегодня в наноструктурном материаловедении исключительно актуальна проблема создания неразрушающих способов диагностики и контроля, поскольку используемые для этих целей традиционные промышленные технологии неприменимы к наноматериалам в силу их малой пластичности и термодинамической нестабильности. Эти работы проводятся ИФПМ СО РАН совместно с ОКБ Сухого также на основе физической мезомеханики материалов.

#### Литература

Панин В.Е., Панин А.В., Моисеенко Д.Д. «Шахматный» мезоэффект интерфейса в гетерогенных средах в полях внешних воздействий // *Физическая мезомеханика*. 2006. Т. 9, № 6. С. 5–15.

Панин В.Е., Егорушкин В.Е. Неравновесная термодинамика деформируемого твердого тела как многоуровневой системы. Корпускулярно-волновой дуализм пластического сдвига // *Физическая мехомеханика*. 2008. Т. 11, № 2. С. 9–30.

Панин В.Е., Егорушкин В.Е. Физическая мезомеханика и неравновесная термодинамика как методологическая основа наноматериаловедения // *Физическая мехомеханика*. 2009. Т. 12, № 4. С. 7–26.

*Physical mesomechanics of heterogeneous media and computer-aided design of materials / Ed. by V.E. Panin. - Cambridge: Cambridge Interscience Publishing, 1998. 339 p.*

Чайкина М.В. Механохимия природных и синтетических апатитов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «ГЕО». 2002. 218 с.

Панин В.Е., Сергеев В.П. Наноструктурные покрытия: эффект «шахматной доски» // *НАУКА из первых рук*. 2007. № 2. С. 42–44.

Панин В.Е., Сергеев В.П. Нано для космоса // *НАУКА из первых рук*. 2009. № 3. С. 18–19.

Н. В. ПОЛОСЬМАК

# «Мы выпили Сому, мы стали бессмертными...»

(Ригведа. Мандалы 9—10)

*В 2009 г. при раскопках 31 кургана хунну (конец I в. до н. э. – начало I в. н. э.) могильника Ноин-Ула (Монголия) экспедиция Института археологии и этнографии СО РАН и Института археологии Монголии обнаружила чудом сохранившиеся шерстяные ткани с вышивкой. Их полная реставрация займет еще много времени, но уже первые восстановленные фрагменты оказались источником уникальной информации*



На алтаре горит пламя – два языка огня по краям и S-образный знак посередине. Огонь царского очага, поднятого на алтарь – символ царского величия

**В** глубокой могиле хунну, укрывшейся в заросшей лесом пади Судзуктэ, на дне погребальной камеры археологи нашли то, чего очень ждали: слой глины, в которой угадывались очертания остатков ткани.

Это была третья известная на сегодня подобная находка, и все они были сделаны в известном хуннском могильнике Ноин-Ула: первые фрагменты уникальной ткани были найдены здесь еще в 20-е гг. прошлого века экспедицией выдающегося путешественника и ученого П. К. Козлова. Как и многие другие вещи, драгоценные ткани попали в могилы богатых кочевников благодаря торговле, осуществляемой по Шелковому пути. Хунну не были участниками торговых сделок, но они контролировали большой участок этого неиссякаемого источника иноземных вещей.

Основываясь на первой находке, ученые предполагали, что ткань из хуннского могильника была бактериального производства (Пугаченкова, 1966). Однако находки, сделанные в 2006 и 2009 гг., не позволяют так однозначно идентифицировать этот уникальный текстиль. Но, пожалуй, самый большой сюрприз исследователям преподнесла находка 2009 г., точнее – вышитый на ткани необычный сюжет с участием людей и животных.



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

Найденные фрагменты текстиля составляли ковер, сшитый из нескольких полотнищ темно-красной шерстяной ткани. Сама ткань, скорее всего, предназначалась для мантий. На это указывают вытканые на ней очень характерные неширокие полосы темно-бордового цвета с «выемками». Эти важные орнаментальные детали известны не только по многочисленным находкам реальных тканей в Сирии (Дура-Европос), Пальмире и Палестине (Пещере писем), но и по изображениям на фресках, на росписи египетских саркофагов, а также на раннехристианских мозаиках (Yadin, 1963).

Так же, как и на известных тканях для мантий, вытканые полосы на «хуннской» находке не тянутся от кромки до кромки, но начинаются и заканчиваются в пределах одного полотнища. Их разрезанные куски были сшиты между собой, причем расположение тканых полос при этом не учитывалось: орнаментальный элемент, столь важный при изготовлении мантий, в этот раз оказался просто незамеченным.

Ткань с вышивкой занимала узкое пространство между деревянными стенками камеры и гробом, стоявшим посередине на другой, не вышитой ткани. По сути, вышитым ковром был застелен коридор, по которому ходили во время погребальной церемонии. Сверху на ткани лежал плотный слой специально принесенной синей глины, которую, согласно китайской традиции,

использовали для придания погребальной камере водонепроницаемости. Такое глиняное покрытие задавало огромный объем работ реставраторам, зато сохранило саму ткань.

## У алтарного пламени

Под руками реставраторов развернулся вышитый сюжет – шествие к алтарю. Сам алтарь (подставка для огня) представляет собой колонку с основанием, состоящим из двух ступеней и двухступенчатой перевернутой верхушкой. На колонке видны изображения кругов с точкой посередине – это распространенный древний символ огня и солнца. Подобные алтари в ахеменидское время были известны как новшество, введенное персами, прокламировавшими свою приверженность зороастрийской вере. «Пламя огня царского очага, поднятое таким образом, становилось символом их собственного величия» (Бойс, 1988, с. 75–76).

**Ключевые слова:** древний текстиль, хунну, Божественный гриб, сома/хаома, индо-скифский, индо-парфянский, псилоцибин, Северная Монголия  
**Key words:** ancient textiles, khunnu, Divine mushroom, soma/haoma, Indo-Scythians, Indo-Parthians, psilocybin, North Mongolia



К огню алтаря  
идут мужчины,  
одетые  
в иранские  
костюмы  
и вооруженные  
кинжалами  
и длинными  
мечами



Спешившийся всадник, одетый  
в бронированную куртку, поднял  
ко лбу левую руку в традиционном для  
зороастрийцев жесте адорации – знаке  
поклонения божеству.

Прорисовка с ковра Е. Шумаковой

В изображениях вышитых всадников  
с ковра и правителей на лицевой стороне  
индо-скифских монет оказалось много  
общего.

Справа – монеты Азеса II, слева –  
их прорисовка.

По: (Musee National des Arts Asiatiques-  
Guimet – l'Asie des steppes d'Alexandre  
le Grand à Gengis Khan, 2000)



На алтаре ярко пылает огонь. У таких зороастрийских  
огней была воинственная природа: все, кто молился  
им, были воинами, сражающимися на стороне благих  
творений против тьмы и холода, зла и невежества.

...К огню идут мужчины. Они вооружены кинжалами,  
которые крепятся на правом бедре, и длинными мечами  
с кольцевидным или круглым навершием и длинными  
рукоятями, подвешенными к поясу. Воины одеты  
в иранские костюмы, состоящие из красных штанов,  
узких или более просторных, и плотно облегающих  
фигуру курток с запахом на левую сторону либо бо-  
лее длинных кафтанов. Одежда подпоясана ремнями  
с пряжками и отделана мехом.

Черные пышные кудри воинов, уложенные рядами  
и ровно обрезанные на уровне ушных мочек, у некото-  
рых подхвачены на лбу узкой лентой с развевающимися  
концами. Очень характерны выразительные профили  
широких круглых лиц с большими глазами, мягкими  
подбородками, пухлыми губами и большими, слегка  
вздернутыми «горбатыми» носами. Лица бритые, но над  
верхней губой у многих чернеет узкая полоска усов.

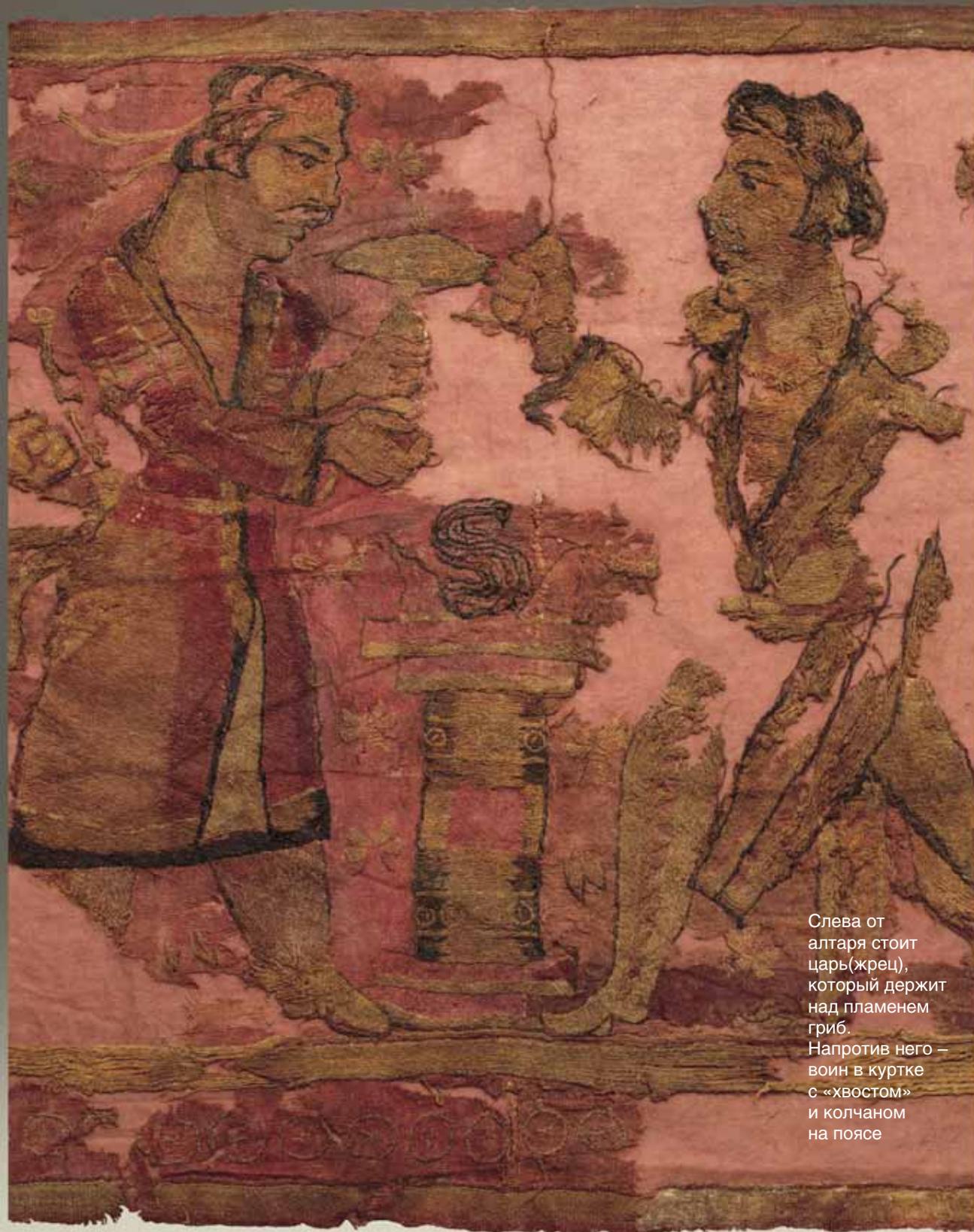
Особое внимание привлекает фигура спешившегося  
всадника, одетого в бронированную длинную куртку,  
за спиной которого развеивается что-то вроде шарфа или  
плаща. Безусловно его исполнено суровости. Левая

рука поднята ко лбу в жесте адорации, принятом еще  
при Ахеменидах как знак преклонения перед божест-  
вом. Его коня ведет под уздцы вооруженный мужчина  
в короткой куртке, за спиной у него виднеется что-то  
вроде заплечного мешка, из которого выглядывает  
нечто, похожее на гриб.

Стиль изображения воина с конем в деталях пов-  
торяет изображения на лицевой стороне монет индо-  
скифских (сакских) царей: Азеса I, Азилеса и Азиса II,  
правивших в Северо-Западной Индии примерно с 57 г.  
до н. э., а также их преемника Гондофара, первого индо-  
парфянского правителя Западного и Восточного Пен-  
джаба (20 г. н. э. – 46 г. н. э.).

На этих монетах мы можем увидеть таких же призе-  
мистых круглых лошадок с длинными хвостами, пере-  
тянутыми нахвостниками и особым образом подстри-  
женными (примета – обрезанная прядь у основания  
хвоста). Их нагрудный ремень так же, как на вышитом  
коне, украшен круглым фаларом.

Седло с четырьмя упорами в виде «рогов» тождест-  
венно реконструкции, сделанной на основании римских  
археологических материалов (Конноли, 2001), только  
вместо кожаных шнурков из-под седла свешиваются  
две когтистые лапы шкуры хищника, использовавшейся  
в качестве попоны. Считается, что такие седла появи-



Слева от алтаря стоит царь(жрец), который держит над пламенем гриб. Напротив него – воин в куртке с «хвостом» и колчаном на поясе



Жрец с Божественным грибом в руке. Прорисовка с ковра Е. Шумаковой



«Божественный гриб», вышитый на ковре, сходен с видом *Psilocybe cubensis* по общему габитусу, форме шляпки, стежкам по краю шляпки, напоминающим радиальную складчатость или остатки частного покрывала. Темные включения на ножке могут быть изображением пленчатого кольца, приобретающего черную окраску после высвобождения спор. Грибы, принадлежащие к роду *Psilocybe*, как и многие другие виды сем. *Strophariaceae*, содержат психоактивное вещество псилоцибин.

Слева – царь/жрец с грибом в руке. Прорисовка с ковра Е. Шумаковой. Справа – плодовое тело *P. cubensis*, выросшее на навозе слона (Индия). По: (Stamets, 1996). В центре – схематичный рисунок плодового тела *P. cubensis*. По: (Guzmán, 1983)

лись к началу парфянского периода и были широко распространены у парфянской конницы; также известны они и у сармат. Всадники на монетах, как и вышитый воин, одеты в зауженные в талии длинные куртки, обшитые крупными прямоугольными пластинами – такие доспехи были известны у саков и парфян.

Эти совпадения являются важным аргументом в пользу предположения, что на ковре могут быть изображены индо-скифы или индо-парфяне.

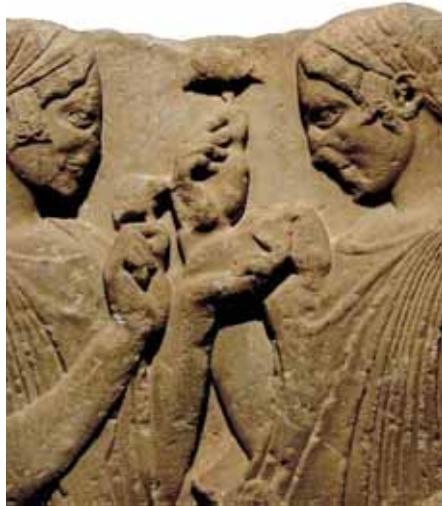
## Божественный гриб

Вышитый сюжет разворачивается далее... Мы видим людей, сосредоточенно стоящих у алтарного огня. Наиболее значима фигура стоящего слева мужчины – вероятно, самого царя или жреца, одетого в длинный, распахнувшийся внизу нарядный вышитый кафтан. У него на редкость выразительное лицо, а взгляд сосредоточен на грибе, который он держит обеими руками.

Жрец с Божественным грибом в руке... Вопрос о том, какое растение служило для приготовления Сомы/Хаомы – божественного напитка древних индийцев

и иранцев, обсуждается уже более ста лет. До сих пор точно не определено растение, сок которого был необходимым участником ритуалов и который приносили в жертву древние индийцы и иранцы. Предположений имеется множество: от эфедры, конопли и опийного мака до восточного лотоса (например, Абдуллаев, 2009; McDonald, 2004; и др.). При этом никто из исследователей не отрицает, что в древности индийцы и иранцы употребляли в культовых целях напиток, содержащий какое-то психоактивное вещество: споры идут лишь о том, что это было за вещество и как оно влияло на сознание людей.

Переводчик и крупнейший знаток «Ригведы» (РВ) Т.Я. Елизаренкова писала: «Судя по гимнам РВ, Сомы была не только стимулирующим, но и галлюциногенным растением. Сказать что-либо более определенное трудно не только потому, что ни один из предлагаемых на роль Сомы кандидатов не удовлетворяет по всем параметрам, а соответствует описаниям Сомы в гимнах лишь частично, но главным образом и потому, что язык и стиль РВ как архаичного культового памятника, отражающего поэтические особенности «индоевропейской



Сцена из Элевсинских мистерий: Персефона, принимающая от Деметры гриб. Около 4 в. до. н. э.

**Элевсинские мистерии – древнейший древнегреческий религиозный праздник, посвященный богине Деметре и ее дочери Персефоне, супруге владыки подземного царства Аида. Они представляют собой форму ритуального переживания смерти–возрождения. Известно, что посвященным в Элевсине была обещана после смерти иная судьба, чем непосвященным. Тот, кто прошел через мистическую смерть, твердо верил, что со смертью для него начнется новая жизнь. «Счастлив тот, кто это видел перед тем, как в могилу сойти: жизни познал он конец, познал и начало ее богоданное» (Пиндар, пер. Д. С. Мережковского).**

**Какие конкретно обряды превращали для посвященных в отраду саму мысль о смерти, мы не знаем. Издавна смертная казнь грозила всякому, кто рискнул бы рассказать об этом. Известно только, что посвящаемые должны были пережить, получить свой собственный религиозный опыт; есть свидетельства, что участникам мистерий являлись видения несказанных образов. Известный философ и востоковед Е. А. Торчинов прямо пишет о том, что «...тайна Элевсиса – это тайна психотехнического переживания смерти–возрождения, очищающего и интегрирующего психику миста» (1997, с. 145). Для достижения такого состояния использовались какие-то галлюциногенные вещества, возможно – содержащиеся в грибах**

поэтической речи», служат серьезным препятствием для идентификации Сомы. Ответа остается ждать от археологов: от их находок на территории северо-западной Индии, Афганистана и Пакистана (а не в далекой Средней Азии)».

Эти слова были написаны в 1999 г. – за десять лет до уникальной находки, ставшей ярким свидетельством использования в культовых целях грибов индо-скифами (саками) или индо-парфянами.

Гриб, изображенный на хуннском ковре, по предположению к. б. н. И. А. Горбуновой (лаборатория низших растений Центрального сибирского ботанического сада СО РАН, Новосибирск) вполне может быть отнесен к сем. строфариевых (*Strophariaceae*). По внешнему виду он имеет определенное сходство с видом *Psilocybe cubensis* (Earle) Singer [= *Stropharia cubensis* Earle].

Многие виды сем. *Strophariaceae*, особенно р. *Psilocybe*, содержат псилоцибин, уникальное психоактивное вещество, стимулятор нервной системы. Грибам, содержащим это вещество, отводится главная роль в психоделической теории эволюции Т. Маккены – одной из самых оригинальных точек зрения на происхождение человека, его языка, сознания и культуры.

«Наши далекие предки обнаружили, что потребление некоторых растений может подавлять аппетит, ослаблять боль, обеспечивать внезапный прилив энергии и невосприимчивость в отношении патогенных факторов, а также вызывать синергию познавательных способностей... Растительные алкалоиды, особенно галлюциногенные соединения, такие как псилоцибин, диметилтриптамин (ДМТ) и гармалин, могли быть теми химическими факторами в диете первобытных лю-

дей, которые явились катализаторами возникновения человеческой саморефлексии...» (Маккена, 1995).

Нужно заметить, что на роль растительного эквивалента Сомы/Хаомы ранее номинировался мухомор эту точку зрения отстаивал создатель новой науки этномикологии Р.Г. Уоссон в своей известной книге «Сомы. Божественный гриб бессмертия» (1968). Однако грибы, содержащие псилоцибин, по своим психоактивным свойствам оказываются гораздо ближе к легендарному «напитку бессмертия».

## История на текстиле

Пора резюмировать чрезвычайно любопытную историю, развернувшуюся на ветхом текстиле. Изображенные на нем мужчины, которых мы считаем индо-скифами (саками) или индо-парфянами, исполняют обряд, указывающий на то, что они исповедуют какую-то форму зороастризма – об этом наглядно свидетельствует символ Ахура-Мазды, алтарь священного огня. Гриб, который держит в руках царь (жрец), может быть приношением огню, или он освящается огнем, после чего из него, возможно, приготовят сакральный напиток.

В Северо-Западной Индии, на территории которой, вероятно, разворачивается описываемое действие, в этот исторический период произошла встреча трех этносов, трех культур – индийской, иранской и греческой. У каждой из них были свои религиозные верования: веротерпимость и поклонение не только своим, но и чужим богам, все еще продолжали оставаться обычным явлением того времени.

Важное значение для проникновения в суть разворачивающегося перед нами священнодействия имеют такие, казалось бы, незначительные детали, как разбросанные по всему полотнищу изображения пчел и бабочек. Эти насекомые – древнейшие символы, объекты почитания, изображения которых имели в древности для людей совсем иное значение, нежели сейчас.

Суть этих образов живого мира природы, их мифологическое значение можно понять через слова, их обозначающие. Например, пчела отождествлялась в древности со Словом (первородением божества) и с огнем (с душой). В связи с этим древнеанглийское *beo* («пчела») можно соотнести с индо-европейским *\*bhā-*, означающее, с одной стороны, «говорить; слово», а с другой – «гореть, огонь». Подобным же образом персидское *eng* «пчела» соотносится с арамейским *ogi* «душа» и индо-европейским *\*og-en* «огонь» (Маковский, 1996). Из мифологических представлений древних народов известно, что во многих культурах пчелы по ряду признаков отождествляются с людьми. Пчела была культовым насекомым Артемиды, пчелами назывались жрицы Деметры и Персефоны. Она была символом «медовых» Индры, Вишну и Кришны. В «Атхарваведе» духовное познание уподоблялось производству меда пчелами (Иванов, Топоров, 1992). Антисептические свойства меда делали его важным средством для сохранения некоторых продуктов питания у многих народов. В Мексике, например, мед с давних пор использовался для сохранения грибов, содержащих псилоцибин.

Бабочка в греческой мифологии была олицетворением Психеи. Греческое слово «Психея» означает «душа» и «бабочка». В памятниках изобразительного искусства душа изображалась в виде бабочки, то вылетающей из погребального костра, то отправляющейся в Аид. (Лосев, 1992). Значение «душа» часто соотносится со значением «огонь, божественный огонь». В китайской культуре бабочка остается эмблемой долголетия. Жизненный цикл насекомого – гусеница, кокон, бабочка – воспринимается как наглядный пример метаморфоз с конечным обретением бессмертия, либо цикла новых рождений, ведущих к нирване. (Кравцова, 2004).

Возможно, тот фон, который создавали на рассматриваемом полот-



По всему вышитому полотнищу разбросаны изображения пчел и бабочек. Возможно, своим присутствием они символизируют Иной мир – мир душ, мир предков, куда попадают воины, отведая священных грибов



Вышитое полотнище выстилало узкое пространство между основными стенками погребальной камеры и гробом. Сверху оно было покрыто слоем синей глины. Фото Е. Богданова



М.В. Мороз, художник-реставратор отдела музееведения ИАЭТ СО РАН, за кропотливой работой по очистке фрагментов ткани от обволакивающих их глиняных частиц



не своим присутствием бабочки и пчелы, символизировал царство душ – Иной мир – мир предков, в который попадали воины, отдавая священных грибов.

...Круг замыкается. И насекомые, и гриб тесно связаны между собой цепочкой превращений и делают окружающий мир волшебным. «Мы выпили Сому, мы стали бессмертными, мы пришли к свету, мы нашли богов» (Ригведа. Мандалы 9–10. VIII, 48.3).

Уветхой ткани, найденной на натянутом синей глиной полу погребальной камеры хунну и возвращенной к жизни руками реставраторов, длинная и непростая история. Изготовлена она была в одном месте (в Сирии либо Палестине), вышита в другом (возможно, в Северо-Западной Индии), а найдена в третьем (в Монголии).

Ее находка через две тысячи лет – сущая случайность, удивительная сохранность – почти чудо. Как она оказалась в погребении человека, которому совсем не предназначалась, надолго, если не навсегда, останется для нас загадкой.

Но все же главная тайна уникальной находки в другом. Здесь нам посчастливилось столкнуться с чем-то совсем новым, необычным. В мир научных предположений вошли неожиданные факты, осязаемые, как сама ткань, которая в буквальном смысле вернулась к нам из иного мира, чтобы продолжить рассказ о том, как человек становился Человеком.

*Литература*  
Schmidt-Colinet A., Stauffer A., Al-As Ad Kh. Die Textilien aus Palmyra. Verlag Philipp von Zabern. Mainz am Rhein. 2000.

Yadin Y. The finds from the Bar Kokhba period in the Cave of Letters. Ierusalem: The Israel exploration society, 1963.

Маккена Т. Пуца богов. М.: Изд-во Трансперсонального института, 1995.

Wasson R. G. Soma: Divine mushroom of immortality. New York, 1968.

Пугаченкова Г. А., Халчаян. Ташкент: «ФАН». 1966.

Маковский М. М. Язык-миф-культура. Символы жизни и смерти. М.: Инт-т русск. яз. им. В. Виноградова, 1996.

McDonald A. A botanical perspective on the identity of soma (*nelumbo nucifera gaertn.*) based on scriptural and iconographic records // *Economic Botany* 58 (suppl.). 2004. P. 147–173.

Бойс М. Зороастрийцы. Верования и обычаи. М.: Наука, 1988.

Елизаренкова Т. Я. О Соме в Ригведе. // *Ригведа. Мандалы IX–X*. М.: Наука, «Литературные памятники», 1999. С. 323–353.

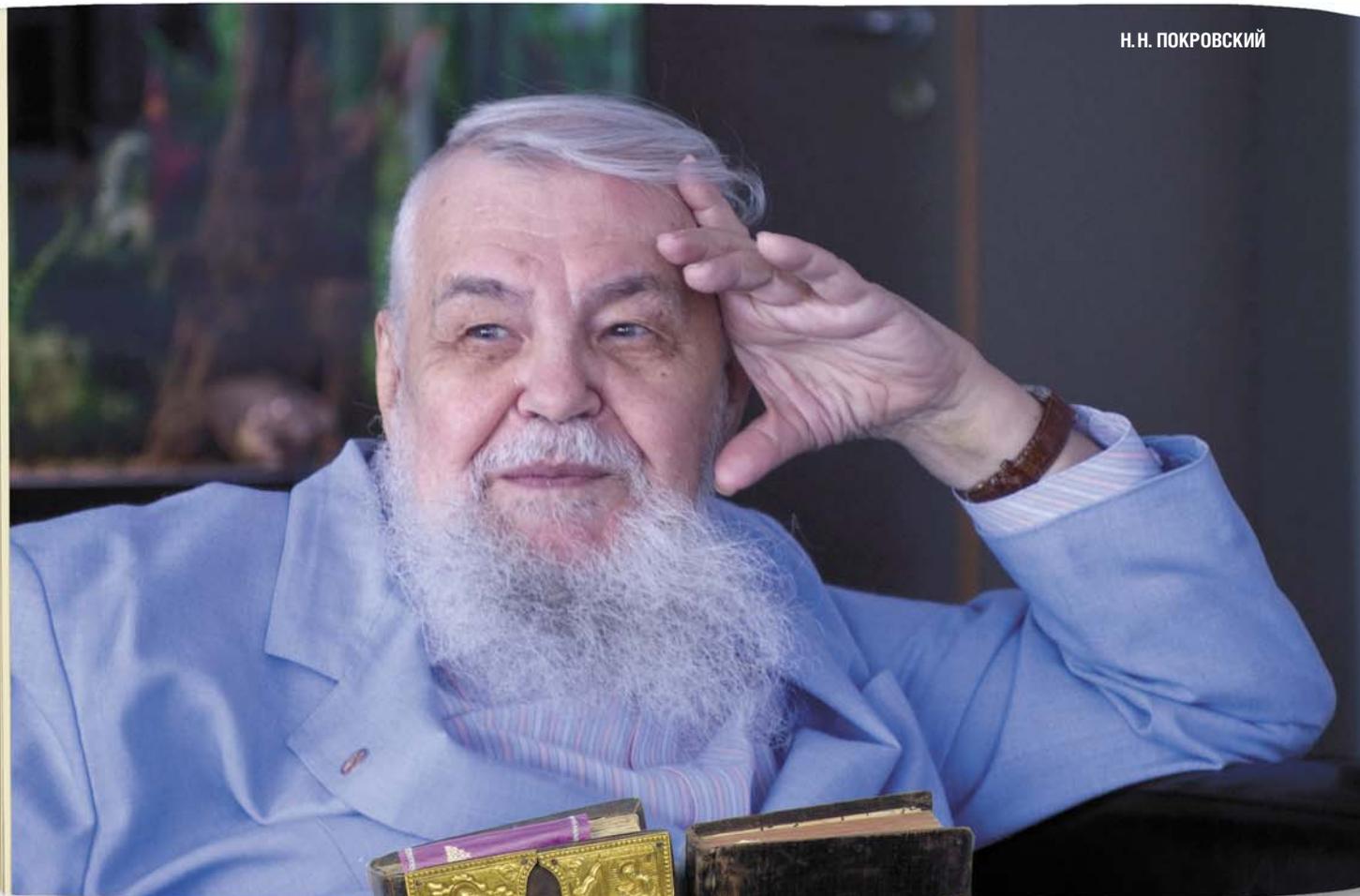
Литвинский Б. А. Иранские и восточно-эллинстические храмы огня. // *Эллинистический храм Окса*. М.: Издательская фирма «Восточная литература РАН, 2000, Т. 1.

В публикации использованы фотографии М. Власенко (Новосибирск)

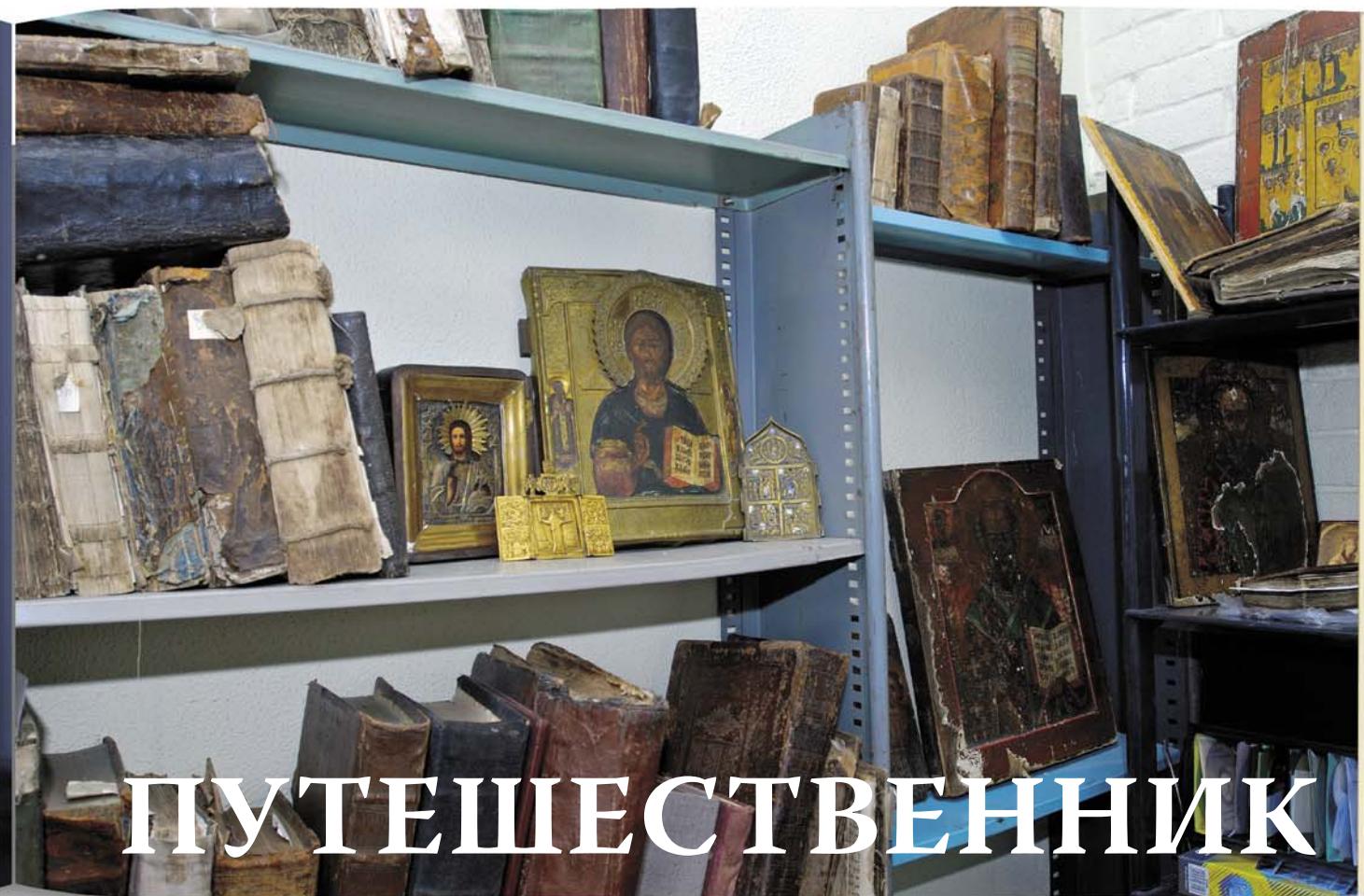
Уникальная находка обретает новую жизнь благодаря работе реставраторов.

Слева направо: Н. П. Синицына – художник-реставратор высшей категории по тканям и коже, заведующая сектором реставрации кожи отдела нетрадиционных технологий в реставрации ВХНРЦ им. ак. И. Э. Грабаря (Москва) и Е. С. Синицына, художник-реставратор того же отдела; О. С. Попова – художник-реставратор по тканям ГМИИ им. А. С. Пушкина (Москва)





Н. Н. ПОКРОВСКИЙ



# ПУТЕШЕСТВЕННИК

## за редкими книгами

К юбилею академика Н.Н. Покровского



ПОКРОВСКИЙ Николай Николаевич – действительный член РАН, советник РАН, заведующий сектором археографии и источниковедения Института истории СО РАН (Новосибирск), председатель Сибирского отделения Археографической комиссии РАН. Основатель научной школы сибирских археографов и источниковедов. Награжден Демидовской премией (1995 г.), орденами Почета, Дружбы, свт. Макария III ст., прп. Сергия Радонежского III ст.

Книги из Собрания старопечатных книг и рукописей Института истории СО РАН

В 2010 г. исполняется 80 лет со дня рождения видного историка и археографа Николая Николаевича Покровского. Ему принадлежит множество ярких открытий в самых разных областях исторического знания. С именем Покровского связано «археографическое открытие Сибири»: десятки археографических экспедиций, проведенных под руководством Покровского и его учеников, позволили создать одно из крупнейших в стране собраний древнерусских рукописей и старопечатных книг, открыть неведомый дотоле мир письменной культуры крестьян-староверов, проживающих на огромной территории от Урала до Дальнего Востока.

Мы предлагаем вниманию рассказ юбиляра об увлекательных «путешествиях за редкими книгами», дополненный фрагментами из его книги, написанной по материалам экспедиционных и архивных разысканий

**Ключевые слова:** археография, источниковедение, текстология, история старообрядчества  
**Key words:** archaeography, source studies, textology, history of Old Belief



В начале 1965 г. мы с Тихомировым показали коллекцию руководителем Сибирского отделения академиком М. А. Лаврентьеву и А. Л. Яншину. Тогда и договорились об условиях ее передачи в ГПНТБ\*, о начале археографических экспедиций СО РАН и о моем переезде в Академгородок.

Летом и осенью 1965 г. я перевез книги Тихомирова в Новосибирск, и в следующем году мы с моей женой З. В. Бородиной отправились в первую сибирскую экспедицию. Мы с учениками, а также коллеги Е. К. Ромдановская, Е. И. Дергачева-Скоп, В. Н. Алексеев, провели десятки и десятки экспедиций – от Приполярного Енисея до южных границ Киргизии, от Зауралья до Дальнего Востока.

### Первое путешествие

Сложности встречались на каждом шагу. Мы ведь направлялись не просто в деревни, населенные староверами, а в самые замкнутые их поселения – скиты. Людей туда не особо пускали, на разговор шли неохотно, могли воды не дать, а если и давали, могли разбить посуду, из которой человек пил, как поганую.

Неоценимую помощь в этом деле нам оказали советы наипервейшего нашего археографа, создателя книгохранилища Пушкинского дома В. И. Малышева: как держать себя со староверами, как к ним приходиться, задавать вопросы, как прощаться и т. д. Важным аргументом в пользу общения с нами стало наше хорошее

\* Государственная публичная научно-техническая библиотека СО РАН

**Н. Н. Покровский** родился 20 июня 1930 г. в Ростове-на-Дону. Прадед Покровского был священнослужителем, дед – начальником юридического отдела Управления Северо-Кавказской железной дороги. Отец, Николай Ильич Покровский, – известный историк, первый декан историко-филологического факультета Ростовского государственного университета. Предки со стороны матери, врача-невропатолога Татьяны Андреевны Прасоловой, – курские крестьяне. Дед Андрей в поисках духовной истины обошел странником пол-России, был в Ясной Поляне, осел в конце концов в Ростове-на-Дону.

Семья, состоящая из незаурядных людей, богатая библиотека на нескольких языках заложили тот прочный нравственный фундамент, который помог ему выстоять во всех испытаниях «железного» XX в. и сохранить неизменным главное качество натуры – неутолимое стремление к познанию.

Учеба в Московском университете, аспирантура и работа на кафедре источниковедения МГУ приобщили Покровского к лучшим традициям московской исторической школы. Его учителями были такие прославленные ученые, как академики М. Н. Тихомиров и Б. А. Рыбаков, профессора Н. Л. Рубинштейн, П. А. Зайончковский. Молодой исследователь принял участие в подготовке справочника «История советского общества в воспоминаниях современников. 1917—1957». Однако вышел он без его фамилии: в 1957 г. Покровский был арестован КГБ за участие в подпольной группе историков (знаменитое «дело Краснопеццева») и приговорен к шести годам заключения. Так молодой историк расплатился за иллюзии относительно радикальности хрущевской «оттепели».

Семья Покровских незадолго до революции  
*В центре* – прадед о. Феодор. *Слева направо*: его дети Илья Федорович (дед Покровского), Мария Федоровна, Василий Федорович, Анна Ивановна (бабушка) и Николай Ильич (отец)  
Ростов-на-Дону, 1917 г.

Н. Н. Покровский. Ростов-на-Дону. 1950 г. (вверху слева)

Вернуться к работе Покровский смог лишь в 1963 г. Два года он проработал во Владимиро-Суздальском музее, а в 1965 г. переехал в новосибирский Академгородок, где сразу же занялся большим научным проектом – поиском на территории Сибири памятников древнерусской книжности.

В своей профессиональной сфере Покровский всегда работал как подлинный археограф, занимаясь не только поиском, описанием и публикацией письменных свидетельств прошлого, но и тщательным их изучением – источниковедческим, текстологическим, историческим. Когда в советской историографии только начинали писать о том, что в центре исторического исследования должен стоять человек, Покровский уже несколько десятилетий насыщал свои работы яркими характерами и судьбами людей, встречавшихся ему на страницах древних рукописей: крестьян, торговцев, чиновников, воевод, причудливо сочетающих в своем идейном багаже официальное православие и староверие, язычество и христианство.

**Д**о середины XX в. считалось, что в Сибири древнерусская книжность представлена крайне бедно. И действительно, освоение края русскими переселенцами началось только в XVII в., какие уж тут древние книги!

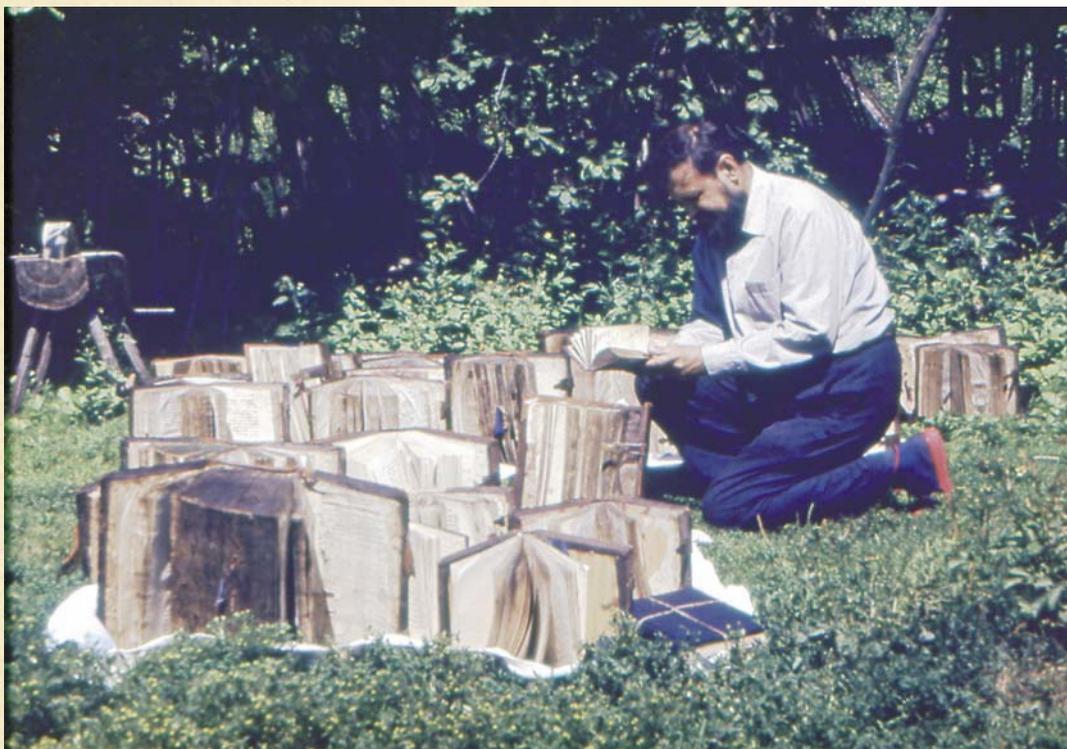
Однако уже первые экспедиции Археографической комиссии Академии наук СССР, проведенные в конце 1950-х гг., показали: древняя книга в Сибири есть. Правда, искать ее непросто: старообрядчество в Сибири сохранилось лучше, чем в европейской части России, отсюда – и особое отношение к книге, и недоверие к чужакам.

Очевидно, что Сибири нужен был свой археографический центр. В основание его глава комиссии и мой учитель академик М. Н. Тихомиров решил положить собранную им за многие годы ценнейшую коллекцию древних книг. Этот щедрый подарок давал возможность университетской молодежи на подлинниках учиться непростому делу определения, чтения и датировки манускриптов.



В экспедиции по р. Убе (Рудный Алтай). Рядом с Покровским матушка Меланья. 1970 г.

Просушка книг из собрания отца Палладия. Весной ручей разливался, в ущелье становилось влажно, и книги отсыревали. Николаю Николаевичу удалось уговорить владельца собрания воспользоваться их присутствием и устроить просушку всей библиотеки



Праздники крюковые. Нотная рукопись начала XIX в. Привезена из Амурской области в 1980-х гг. *Собрание старопечатных книг и рукописей ИИ СО РАН*

#### КРЕСТЬЯНСКИЕ ПИСАТЕЛИ

знание истории старообрядчества, особенно XVII в., которую сами старообрядцы знали уже плохо.

Был у нас и один ценный подарок, раскрывший перед нами многие двери, – большой кусок хорошего церковного ладана. К тому времени старообрядцы уже давно не пользовались на богослужениях настоящим ладаном, одними эрзацами. Позже я нашел в одном заброшенном сарае несколько ящиков ладана, конфискованных когда-то советской властью, так что наш запас пополнился.

Но чтобы уговорить староверов отдать книги, одного ладана недостаточно. Часто книги приходилось менять, хотя археографы не любят об этом распространяться. На этот случай мы создали специальный обменный фонд из произведений, не представляющих особого интереса для науки, но важных для старообрядцев. Нередко книги попросту выкупали. В деревнях (не в скитах, конечно) они подчас доставались людям, далеким от веры, и те рады были их отдать за любую цену – не то что сегодня, когда за книгу могут запросить сумму, в десять раз превышающую ее реальную стоимость.

Что больше всего меня поразило в той экспедиции? Конечно же, строй, старообрядческий монастырский быт, но больше всего – блестящее книжное собрание, обнаруженное в первом же из скитов. Отец Палладий, хозяин скита, собирал его многие годы. Никогда не забуду, как он картинно отдернул занавеску, а там – полка за полкой, заставленные изданиями дониконовского времени, то есть до середины XVII в.!

Через пару лет после кончины Палладия его книги, как водится у старообрядцев, раздавали приехавшим на поминки. Так уникальные издания разошлись по всему сибирскому старообрядческому миру. Две книги удалось получить и нам – сейчас они хранятся в ГПНТБ.

Мы сидели на небольшой поляне близ мастерской по переписке книг. Вся она плотно заставлена раскрытыми рукописями всевозможных размеров, от огромной Толковой псалтыри весом более пуда до крохотного месяцеслова. Мне удалось уговорить хозяина скита, отца Палладия, устроить просушку его библиотеки. Ветер медленно перебирал листы книг, беседа неторопливо переходила с одного сюжета на другой. Поглядев на нотную (крюковую) книгу, старик вспомнил, как обучался перед русско-японской войной петь «по крюкам». Тогда он даже инсценировал самоубийство, чтобы его не искали родные и он смог получить для обучения несколько лет досуга.

Заговорили о том, как часто гибли и гибнут книги, – следы огня или плесени виднелись на многих книгах вокруг нас. Отец Палладий пересказал известную повесть Ивана Пересветова о том, как «турский салтан Махмуд» пытался сжечь греческие книги. Вспомнили о кострах из древних книг при царевне Софье и царицах XVIII в. Я спросил старика, что он знает о борьбе крестьян-старообрядцев Урала и Сибири против синодальных губителей старых книг, за свободу своих убеждений, против инквизиторов и миссионеров? Оказалось, познания нашего собеседника много шире того, что известно науке, – он стал называть имена руководителей крестьянского протеста XVIII в., о которых мы и понятия не имели. Откуда такая осведомленность? И тут у него в руках появилась любовно переплетенная им книга с двумя медными застёжками. Вся она состояла из сочинений по истории урало-сибирских крестьян-старообрядцев XVIII и частично XIX вв., и ни одно из этих сочинений не было известно науке!

(По кн. Н. Н. Покровского «Путешествие за редкими книгами», гл. 2)

Как я уже сказал, свою историю, относящуюся к XVII в., старoverы знали плохо. Что до последующих веков, то в этом же скиту нам рассказали о таких событиях и людях, о каких мы даже представления не имели. А потом обнаружился небольшой, переплетенный в оленью кожу, сборник, сплошь состоящий из неизвестных науке произведений уральских крестьян-старoverов.

Впоследствии мы нашли много таких сборников. В первую очередь эти находки позволили академикам Панченко и Лихачеву, назвать наши экспедиции «археографическим открытием Сибири».

## Оправдан спустя 400 лет

Еще одним важным итогом нашей первой экспедиции стали полезные связи, которые удалось завязать. Благодаря им в следующем году мы отправились в новый, еще не исследованный археографами регион Юго-Западной Сибири.

Там мы нашли сборник 1590-х гг., принадлежавший некогда местным старoverам. В годы репрессий их отсюда выселили, а богатейшую книжную коллекцию сожгли. Но несколько книг удалось спасти местной крестьянке.

Один из памятников сборника, имеющий отношение к церковным реформам знаменитого митрополита Макария, мы издали в этом году в Италии. Однако самым интересным оказался список протоколов суда над русским философом и богословом Максимом Греком.

Он прибыл в Москву из Афона в 1518 г., когда Василию III понадобился переводчик греческих книг. Максим Грек быстро выучил русский язык, приступил к переводу богословских текстов, но как человек деятельный и страстный, оказался через несколько лет втянут в интриги коридоров Московского Кремля. Его обвинили в шпионаже в пользу Турции, в умысле против государева здоровья, ереси и т. д. В общем, полный комплект, мало изменившийся в XX в.

Сам суд хорошо известен, но рассказ о нем обрывался на том, что мы называем сегодня обвинительным заключением. Как защищался Максим Грек, какие приводил аргументы, историки не знали. И вот наконец перед нами полный текст Судного списка и еще ряд документов, относящихся к суду.

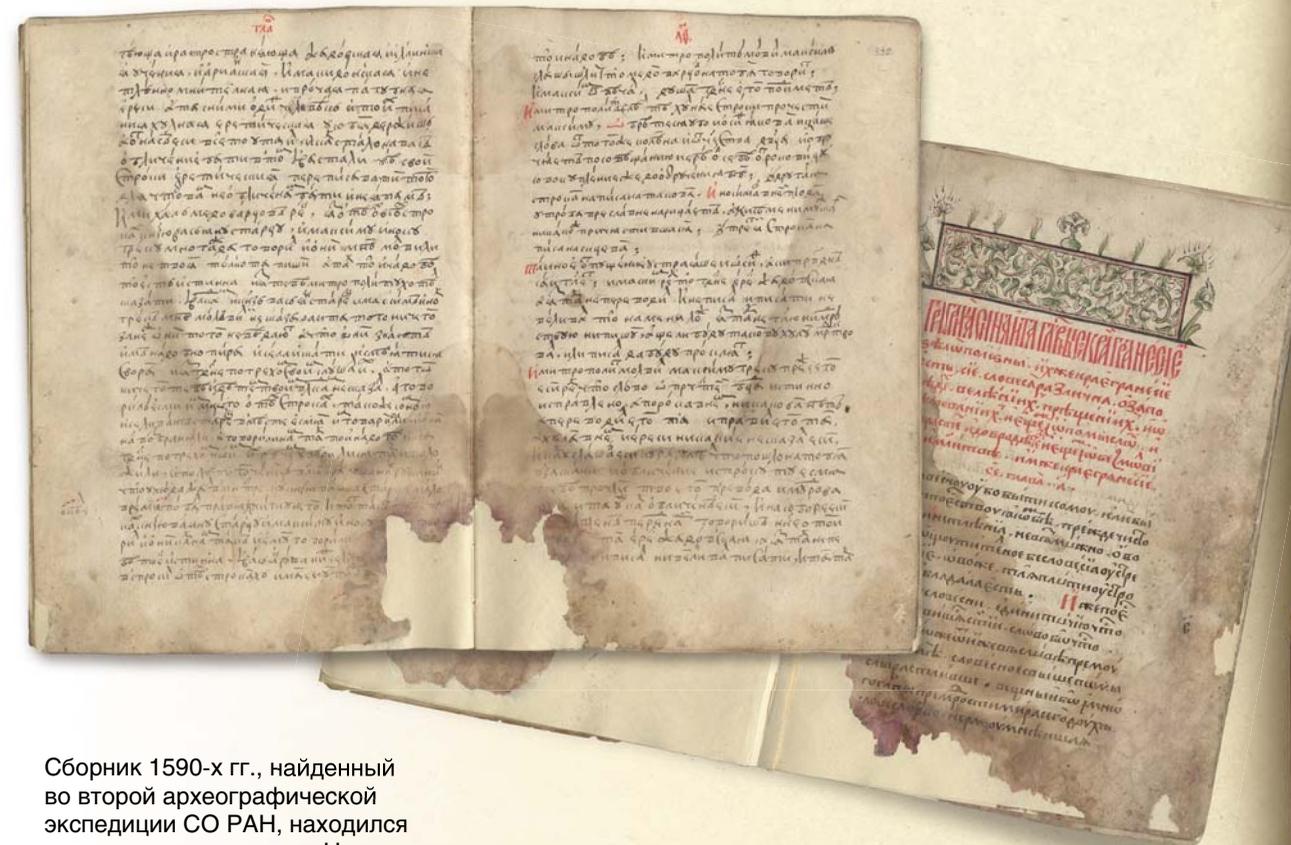
Все обнаруженные свидетельства однозначно говорят в пользу известного богослова. Его давно уже собирались канонизировать, но мешали два приговора с отлучением от причастия, которые не были с него сняты. Благодаря нашей находке Максима Грека удалось оправдать – спустя 400 лет после суда. И в 1988 г. на Поместном соборе Русской православной церкви в честь тысячелетия крещения Руси он был причислен к лику святых.

### МАКСИМ ГРЕК

В годы коллективизации в селах этой алтайской долины шла бурная и кровавая ломка общественных отношений. Богатейшая коллекция старопечатных книг и рукописей, собиравшаяся крестьянами со времен Екатерины Великой, была обречена. Книги провели зиму в сарае без крыши, несколько нижних фолиантов ушли в снег, и их не заметили, когда уникальную библиотеку вывозили для варварского сожжения. Весной местная крестьянка нашла их и забрала к себе. И вот, спустя четыре десятка лет, передо мной лежит одна из спасенных ею рукописей. Зима, проведенная под снегом, не прошла даром – многие листы слиплись в сплошной блок, ни один водяной знак не просматривался. Правда, книга открывалась в двух-трех местах, и в одном из них я обнаружил дату – 1591 г., время создания одного из произведений. Это «Житие святого благоверного князя Александра Невского», хорошо известный памятник древнерусской литературы.

На одном из привалов, после недолгой просушки книги в тени, несколько листов почти совсем отошли друг от друга, и мне в глаза бросилась строка, сразу определившая серьезность находки: «и митрополит Даниил спросил Максима Святогорца...». Это было знаменитое «Прение митрополита Даниила с Максимом Греком», известное также под названием «Судного списка» Максима Грека. Памятник известен по одному-единственному списку середины XVII в., содержащему множество противоречий и умолчаний и обрывающемуся после обвинительной речи митрополита. Аргументы обвинения были давно известны историкам, а о защите Максима мы знали очень мало. Многие исследователи у нас и за рубежом лишь строили догадки, о чем шла речь во второй половине источника. Понятно поэтому то волнение, которое я испытал, когда убедился, что мы приобрели сборник, в котором есть рукопись «Судного списка» Максима Грека. С первого же взгляда было видно, что рукопись намного древнее известной. Но не меньше нас волновало другое: будет ли она более полной? Приблизительный объем интересующей нас части стал ясен, как только стали отделяться друг от друга верхние края слипшихся листов. Красивая убористая скоропись, характерная для памятника, покрывала в два с лишним раза большее количество листов, чем то, что могла бы занять уже известная часть «Судного списка»!

(По кн. Н. Н. Покровского «Путешествие за редкими книгами», гл. 4)



Сборник 1590-х гг., найденный во второй археографической экспедиции СО РАН, находился в плачевном состоянии. Несколько спасенных чудом книг – это все, что осталось от богатейшей коллекции старoverов, уничтоженной в период коллективизации. Открыт на уникальном историческом документе – «Судном списке» Максима Грека. Под ним страница «Жития Александра Невского» с заставкой и вязью. Хранилище отдела редких книг и рукописей ГПНТБ СО РАН



Все, чем мы занимаемся в экспедициях, называется полевой археографией. Однако поиском книг дело не ограничивается. У нас есть такая формула: выявление, изучение, издание. Последнее требует тщательной подготовки. Приходится подолгу работать в архивах XVII–XIX вв., большинство из которых вывезено в Москву и Санкт-Петербург, чтобы прояснить судьбу лиц, упоминаемых в книге.

Так, в сборнике из собрания о. Палладия – нашей первой экспедиционной находке – назывались сочинения совершенно неизвестных науке писателей: Мирона Галанина, холопа Максима, приказчика демидовских и осокинских заводов Родиона Набатова. О каждом из них удалось узнать много интересного.

**ИНДИКОПЛОВ НА АЛТАЕ**

У пустынных и крестьян, живущих по алтайской реке Убе, до сих пор почитается книга, хорошо известная раннесредневековому читателю. Это «Христианская топография» сирийского монаха Косьмы Индикоплова – своеобразная энциклопедия географических и космологических знаний древнего мира. Написанная в середине VI в., на русский язык она была переведена на рубеже XI–XII вв.

Косьма в ней не только излагал восходящие к Птолемию взгляды на геоцентрическое строение Вселенной и пересказывал многие страницы Библии, но и повеествовал о своих путешествиях, в коих доходил до самой Индии. Богато иллюстрированные рассказы об острове «Венеция», «тоземцах» Индии и разных сказочных животных, таких как «единорожец», «вепреслон», «водный конь», пользовались особой любовью читателей.

Рукопись, что подарила мне на прощание матушка Афанасия, легко датировалась по голубой бумаге началом XIX в., но по почерку и многочисленным иллюстрациям было видно, что ее создатель очень старательно скопировал манускрипт XVI в. Благодаря обилию и качеству рисунков эта книга стала, пожалуй, самой яркой нашей находкой на Убе.

(По кн. Н. Н. Покровского «Путешествие за редкими книгами», гл. 9)



«Единорожец» и «водный конь», Адам и Ева, строительство Вавилонской башни. «Христианская топография» Косьмы Индикоплова. Рукопись начала XIX в. Из скита на р. Убе в Рудном Алтае. Собрание старопечатных книг и рукописей ИИ СО РАН

На странице Томской рукописи Степенной книги (1560-е гг.) видна правка митрополита Афанасия – добавленный им рассказ о романтическом знакомстве будущего Великого князя Василия I и литовской княжны Софьи Витовтовны. Томский краеведческий музей



**ПО СТУПЕНЯМ ЦАРСТВИЙ**

В 1977 г., работая в хранилище Томского краеведческого музея, Н. Н. Покровский обнаружил, как вскоре выяснилось, древнейший из списков «Степенной книги царского родословия» – памятника, созданного в эпоху правления Ивана Грозного и представляющего собой первую попытку обобщающего изложения русской истории. Водяные знаки на бумаге указывали на возможность датировки рукописи 1550–1560 гг.; последние события, описанные в книге, относились к 1560–1563 гг. Томский список оказался одновременен с ранее известным Чудовским списком. В 2001 г. петербургский исследователь А. В. Сиренов прибавил еще один список того времени – Волковский. Сличение трех манускриптов выявило совпадение почерка, бумаги, сделанной на полях правки. Похоже, все три рукописи одновременно лежали на столе скриптория в кремлевском Чудовом монастыре. Сложилась уникальная текстологическая ситуация, требующая по-новому взглянуть на историю создания знаменитого памятника.

К имеющимся трем спискам были добавлены еще три (конца XVI—начала XVII вв.), и ученые под руководством Покровского приступили к изучению и сравнению списков. В ходе кропотливой работы специалистов из СПбГУ, Государственного исторического музея и Института истории СО РАН были учтены все пометы, исправления и различия между вариантами, столь важные для воссоздания авторского замысла и понимания его дальнейшего развития. В 2007–2009 гг. вышло полное двухтомное издание текста памятника, открывшее доступ исследователям к самым истокам создания произведения, оказавшего значительное влияние на отечественную историческую науку Нового времени. Третий том (комментарий) готовит профессор Калифорнийского университета Г. Ленхофф



**УРАЛЬСКИЕ КЕРЖАКИ**

Освобождение старца Ефрема Родион Набатов готовит тщательно, уделяя основное внимание организации сети тайников, где бы Ефрем смог укрыться после побега. Сотни рублей шлет он в разные места Западной Сибири и Урала. Подготовка занимает около трех месяцев. Наконец, все готово. На нескольких вариантах маршрута Ефрема ждут сменные лошади. Первые сани будут стоять под самыми стенами Тобольского кремля. Остается самое рискованное – подготовить все внутри этих стен. Здесь надо все увидеть и рассчитать самому. И Родион проникает в кремль, в тюрьму, где сообщает Ефрему все детали и дату побега.

19 декабря в 11 часов ночи старца Ефрема ведут по тюремному двору назад в камеру. «Почему-то» с него сняты ножные кандалы, оставлены лишь ручные, и сопровождает его только один караульный. Они останавливаются у кремлевской стены, рядом с узкой бойницей, обычно забитой ставнями. Но сейчас их нет. Впоследствии караульный на жесточайших пытках будет утверждать, что ничего не знал о побеге. Он всего лишь отвернулся «для мочения» и вдруг заметил, что Ефрем исчез. Шестидесятилетний старец в ручных кандалах выбросился в бойницу, скатился с 50-метрового заснеженного холма, на котором стоял Тобольский кремль, а внизу его уже ждали сани. Как ни пытались отыскать старца разосланные во все стороны воинские команды, но сделать этого они так и не смогли.

(По кн. Н. Н. Покровского «Путешествие за редкими книгами», гл. 3)

Н. Н. Покровский и А. И. Солженицын. Новосибирск, Дом Ученых. 1994 г.

Родион Набатов, например, оказался не просто приказчиком, но и рудознатцем. С его именем связано открытие серебряных руд на Алтае, строительство рудоплавильных заводов на Урале и Алтае. В то же время он был тайным старообрядцем, провел несколько блестящих операций по освобождению старообрядческих лидеров, в частности, известного старца Ефрема. Самого Набатова в конце концов арестовали и, по одним сведениям, он кончил свои дни в заточении, а по другим, был выдан своему первому хозяину в Троице-Сергиев монастырь.

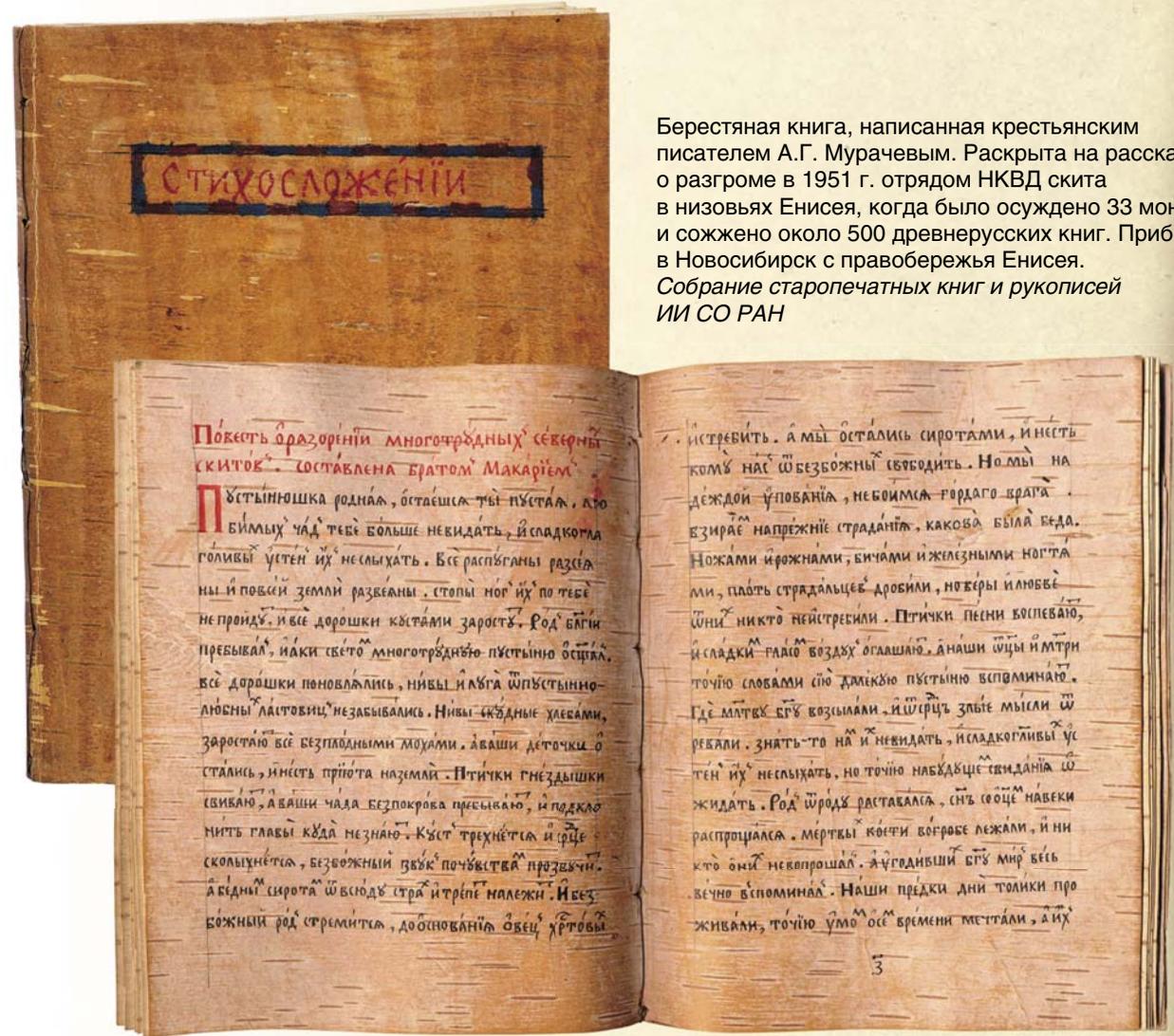
Это один из примеров, а таких великое множество. Одно упоминание в книге – и за ним следует долгий и кропотливый поиск по архивным хранилищам и библиотекам, позволяющий раскрыть судьбы неизвестных прежде людей.

**Писано на бересте**

Талантливые писатели-старообрядцы встречались не только в XVIII в. В 1988 г. судьба свела меня с А. Г. Мурачевым, автором целого ряда полемических сочинений, в том числе об уничтожении природы современной высоконаучной цивилизацией. Он активно участвовал в создании трехтомного «Родословия» урало-сибирского согласия часовенных, написал яркую автобиографию.

В центре внимания многих произведений писателя лежит один из самых трагичных эпизодов его жизни – разгром в 1951 г. карательным отрядом НКВД главного скита часовенных на Нижнем Енисее, арест и гибель скитожителей, сожжение уникальной коллекции, насчитывающей более пятисот древнерусских книг. История эта довольно точно описана А. И. Солженицыным в «Архипелаге ГУЛАГ». Существуют и несколько свидетельств, оставленных самими пострадавшими. Но самый подробный и волнующий рассказ о тех событиях принадлежит Мурачеву.

Узнав, что Афанасий Герасимович владеет древней техникой подготовки бересты для письма чернилами, археографы попросили записать на ней какой-нибудь текст о тех бурных событиях. В исторических источниках



Берестяная книга, написанная крестьянским писателем А. Г. Мурачевым. Раскрыта на рассказе о разгроме в 1951 г. отрядом НКВД скита в низовьях Енисея, когда было осуждено 33 монаха и сожжено около 500 древнерусских книг. Прибыла в Новосибирск с правобережья Енисея. *Собрание старопечатных книг и рукописей ИИ СО РАН*

начиная с XVII в. содержится несколько упоминаний о том, что в Сибири из-за нехватки и дороговизны бумаги использовали бересту. Причем писали на ней не только деловые записки и молитвы, как это было в Великом Новгороде, но и обширные тексты сибирских летописей. До нас берестяные книги, к сожалению, не дошли, лишь недавно стали известны короткие тексты, написанные в XX в. в одном томском скиту.

И вот, в конце 1991 г. в Академгородок из енисейской тайги пришла книга, состоящая из 18 листов тонко выделанной бересты. Кроме четырех стихотворных рассказов о событиях 1951 г. самого Афанасия и чернецов Виталия и Макария в ней содержалось еще несколько текстов, в том

числе духовные нравоучительные стихи, стихотворные послания монахиным, акrostих о важности чтения книг.

**Таежный ксерокс**

Во времена советской власти было уничтожено колоссальное количество памятников культуры, в том числе древних книг: долгие годы мы буквально шли по пепелищам сожженных собраний. Теперь пришла новая беда – частный книжник-перекупщик. Правда, остается надежда, что когда-нибудь приобретенное им все же объявится, пусть не в знаменитых государственных собраниях (цены для наших библиотек просто неподъемны), но у частного коллекционера, истинного любителя и знатока древнерусской книги.

Большинство изданий, которые наш сектор получает сегодня, – результат старых, наработанных годами, связей. Но времена меняются, и в полевой археографии происходят изменения. Например, обитатели когда-то одного из самых замкнутых скитов енисейских узнали о своих родственниках в США и Канаде – ведь за годы гонений староверы расселились по всему Старому и Новому Свету.

Скитожители наладили со своими родичами связь, завязали переписку. Зарубежные единоверцы стали частыми гостями в скиту:





Собрание старопечатных книг и рукописей Института истории СО РАН насчитывает около 2 тыс. единиц. Среди них многие известные памятники древнерусской литературы в списках XVI—XX вв. Это тексты агиографического, исторического, так называемого «естественно-научного» и других жанров, традиционно ценимые книжниками русского средневековья.

Хорошо представлены в собрании старообрядческие сборники. Традиционно в них включались образцы святоотеческой литературы, толкования на Апокалипсис, извлечения из трудов пустынножителей и т.п. Значительная часть фонда введена в научный оборот. Изданы два тома «Описания рукописей из собрания ИИ СО РАН» (1991, 1998 гг.), подготовлен к печати третий том. С электронной версией описания можно ознакомиться на сайте института. Тексты собрания издаются в сериях «Археография и источниковедение Сибири», «История Сибири. Первоисточники»

Три тома, написанных зауральскими крестьянами Макаровыми: собрание византийских, древнерусских текстов и сочинений поморских и урало-сибирских староверов. Привезены из Тюменской обл.

Рукописное Евангелие 1530-х гг., один из бесценных памятников книжности Древней Руси. В начале текста каждого из четырех Евангелий помещены красочные заставки, часто это нововизантийский орнамент по листовому золоту. Принадлежало алтайской крестьянке матушке Измарагде из скита в верховьях р. Енисей.

Собрание старопечатных книг и рукописей ИИ СО РАН

Откуда у меня такой интерес к староверам? Именно эти люди бережно, зачастую с опасностью для жизни, хранили древние манускрипты начиная с середины XVII в., когда правительство запретило многие церковные книги, изданные до реформы Никона. Значительная часть собраний древнерусских книг в библиотеках и хранилищах обеих столиц, знаменитых коллекций русской иконы в Третьяковке и Русском музее – все это бывшие коллекции староверов.

Они не только хранили, но и продолжали христианскую литературную традицию. Созданные ими произведения раскрывают черты народного религиозного сознания, в основе которого лежит все та же православная вера, но при этом оно имеет свои отличительные особенности, как и часто упоминаемый ныне народный монархизм.

Мы начали заниматься этими вопросами раньше многих других. Это стало возможным благодаря относительной идеологической свободе новосибирского Академгородка, охраняемой тогдашним главой Сибирского отделения академиком Лаврентьевым, к которому я не раз я обращался за помощью. На меня ведь и доносы писали, и требовали увольнения из университета, но Михаил Алексеевич всегда меня отстаивал.

Благодаря его стараниям, а также поддержке наших коллег из Москвы и Ленинграда, в частности академиков Д. С. Лихачева и С. О. Шмидта, наш археографический центр продолжал работу: снаряжались экспедиции, издавались памятники, проводились исследования – и все меньше белых пятен оставалось на карте сибирского старообрядчества...

В публикации использованы фотографии из архива ИИ СО РАН и личного архива Н. Н. Покровского

Редакция благодарит за помощь в подготовке публикации сотрудников ИИ СО РАН д. и. н. Н. Д. Зольникову, д. и. н. А. Х. Элрета, к. и. н. Е. В. Комлеву, д. ф. н. Т. В. Панич, к. ф. н. О. Д. Журавель



Н. Н. Покровский на отдыхе в г. Ростов-на-Дону (справа – статуя продавца сбитня, знаменитого древнерусского напитка). 2008 г.

*Литература*

*Судные списки Максима Грека и Исака Собаки / Изд. подгот. Н. Н. Покровский; под. ред. С. О. Шмидта. М.: Изд. ГИИ СССР, 1971. 186 с.*

*Покровский Н. Н. Антифеодальный протест урало-сибирских крестьян-старообрядцев в XVIII в. Новосибирск: Наука, 1974. 394 с.*

*Покровский Н. Н. Путешествие за редкими книгами / 3-е изд., перераб. и доп. Новосибирск: ИД «Сова», 2005. 339 с.*

*Степенная книга царского родословия по древнейшим спискам: тексты и комментарии / Под ред. Н. Н. Покровского, Г. Д. Ленхофф. М.: Языки славянских культур, 2007. Т. 1; 2008. Т. 2.*

А.Г. КОЗИНЦЕВ

# ИСТОРИЯ ОДНОГО ШАМАНСКОГО БУБНА



КОЗИНЦЕВ Александр Григорьевич – доктор исторических наук, главный научный сотрудник Музея антропологии и этнографии РАН (Санкт-Петербург). Область научных интересов: физическая и культурная антропология, популяционная история Евразии и Америки, этология. Автор и соавтор более 200 печатных работ, в том числе 6 монографий

Этнографическая коллекция Музея истории культуры народов Сибири и Дальнего Востока Института археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск) пополнилась еще одним экспонатом – бубном алтайского шамана Кондрата Танашева, снимавшегося в фильме Г.М. Козинцева и Л.З. Трауберга «Одна» (1931). Публикация содержит увлекательный рассказ о личности шамана и судьбе его бубна

«Годом великого перелома» назвал Сталин 1929 год. Перелом в жизни страны, перелом в сердцах художников, которые хотели шагнуть в общих рядах, но при этом оставаться самими собою. «Никогда не было так трудно думать о новом сценарии, как теперь, – написал Григорий Козинцев другу детства Сергею Юткевичу в мае 1929 г. – Очевидно, нужно решительно бороться со своим вредным вкусом и брать вещи, кажущиеся на первый взгляд чужими».

Ключевые слова: Алтай, шаманизм, бубны, Г.М. Козинцев, Л.З. Трауберг, кино, «Одна».  
Key words: Altai, shamanism, drums, G.M.Kozintsev, L.Z. Trauberg, cinema, "Alone"



и нужно было, чтобы дым разъедал глаза, и чтобы больной ребенок лежал в тряпье, а глаза его матери с тревогой и надеждой смотрели на эпилептика и запойного.

Нет, ужас был совсем не в ритуальных ритмах и не в магии заклинаний.

Приобщение Танашева к цивилизации было печальным: он окончательно спился, и, думаю, что по возвращении домой он вряд ли благополучно закончил свою деятельность».

### Судьба бубна

Бубен Танашева достался отцу и простоял на почетном месте в его кабинете 80 лет – 43 года до смерти отца и еще 37 лет до смерти моей мамы. Получил ли отец его из сельсовета, подарил ли его сам Кондрат или продал, а вернее сказать, пропил – я не знаю. На общем фоне тех лет такой поступок не выглядел бы слишком уж святотатственно. В 1920-е гг. шаманизм переживал на Алтае расцвет, но после начала коллективизации алтайцы стали дружно отрекаться от старой веры. Перестали приносить в жертву домашних животных и вывешивать их шкуры на шестах (такая шкура с

Кадры из фильма «Одна»: шкура с черепом – таелга – служит выразительным символом старого мира

### «КРЫЛАТЫЙ КОНЬ» ШАМАНА ОБРЕЛ ПРИСТАНИЩЕ

Этнографическая коллекция Музея истории культуры народов Сибири и Дальнего Востока Института археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск) пополнилась еще одним экспонатом – бубном алтайского шамана Кондрата Танашева.

Этот музыкальный и культовый инструмент хранился в доме известного режиссера Григория Михайловича Козинцева. В 1930 г. он снимал в Горном Алтае свой фильм «Одна», там и познакомился с Танашевым, личностью неординарной, во многом авантюристичной, но, безусловно, талантливой. Режиссер пригласил Кондрата в Ленинград и снял эпизод, в котором шаман бьет в бубен. Да, тот самый. Это крылатый конь шамана. Подгоняя его плетью-колотушкой, шаман совершает путешествие по мирам: поднимается в небо, спускается в преисподнюю. На рукояти бубна – деревянная голова Ульгения, верховного божества алтайцев, наделяющего людей даром шаманства; на внешней стороне – рисунок: солнце, звезды, радуга, вертикаль, символизирующая мировое дерево или коновязь, – Вселенная в миниатюре. Оставшись у Григория Михайловича на память о съемках фильма, бубен занял почетное место в его кабинете. И вот, спустя восемьдесят лет он вернулся с берегов Невы на сибирскую землю.

Сын режиссера Александр Григорьевич Козинцев, доктор исторических наук, главный научный сотрудник Музея антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера) передал его в дар музею, считая, что здесь бубен обретет свое настоящее пристанище



черепом – таялга – служит выразительным символом старого мира в «Одной»). Бубны стали сдавать в сельсоветы, откуда часть из них попала в музей, а часть была уничтожена.

«Посылаю привет и почтение дорогому т. Максиму Григорьевичу Левину, – писал Танашев (да, именно писал!) крупнейшему нашему этнографу и антропологу по возвращении из Ленинграда в мае 1930 г. – Я освободился от экспедиции (орфография и стиль его писем немного подправлены – А. К.)... Путешествие наше прошло благополучно, с успехом. Теперь я нахожусь дома, начал собирать для вас кое-какие тексты... Бубен, который я Вам обещал, сожгли во время перегиба в Усть-Канском аймаке по приказанию предсельсовета... Что поделаешь теперь с такими людьми, у нас здесь они много кое-что наделали».

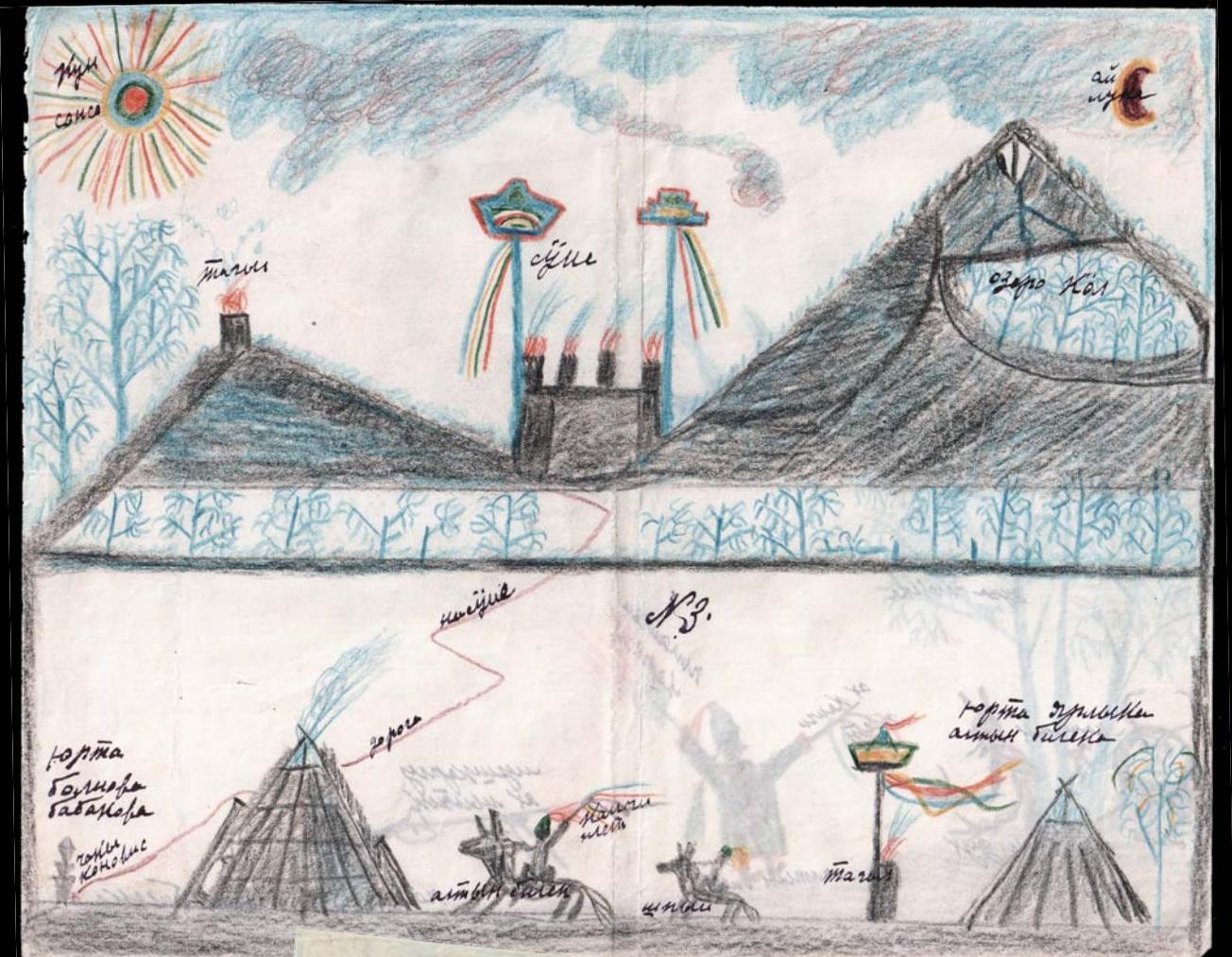
Итак, тот, кто выдавал себя за дикого и неумолимого служителя древнего культа, не только писал письма по-русски, но и имел широкий круг научных знакомств в обеих столицах. В одном из писем (они хранятся в архиве Музея антропологии и этнографии РАН) он осведомляется о здоровье В. Г. Богораза и передает ему привет.

Приврал ли Танашев по своему обыкновению или же речь идет о другом бубне – мне не ведомо. Последняя фраза уклончива, но насчет «перегиба» и «много кое-что наделали» можно не сомневаться. Отметим, кстати, чуткость Танашева к новой фразеологии. Одна из его записок, написанная явно в состоянии тяжелого опьянения, представляет собой почти бессвязный бред,

В много убожливый андрей Григорьевич 24 /XII/30  
 я получил от Вас письмо (которое) отбываю  
 на Вашем вопросе (1) вопрос что такое дело  
 свирелью звуками охраняете. Огни сестры,  
 охраняют сока и жиден человека и естественная  
 сели это дух и свободная скажем всеобщими  
 ах бурлянам, вийк это это кобыла или жере  
 бес. давший быт предани духу светому гинку  
 который он может носить перевозку и  
 заметай все вычлону создателю танену  
 или ах бурляну амакладеню логмаде  
 он не может поддаться мансево виду  
 того что час. Пела член уменет  
 или легче сказать что она подложена  
 член гуса вырезаны),  
 ну пока сприветам клан сели,  
 благо научию здререт пока ничего  
 набухет дома пока одыламо был загра  
 нисси клан носат пригнал скот здр

Письмо Кондрата Танашева А. Г. Данилину.  
 Архив Музея антропологии и этнографии РАН  
 (Санкт-Петербург)

Кадры из фильма «Одна» – лечение больной



Рисунки  
 Кондрата  
 Танашева.  
 Архив Музея  
 антропологии  
 и этнографии РАН  
 (Санкт-Петербург)

но изобилует штампами вроде «жизнь в нашей дикой стране», «пролетарская кровь», «угнетенный народ всего мира» и т.п. Записка кончается ссылкой – «как говорил т. Потанин и другие старые ученые товарищи, с которыми я вел братскую и т(оварищескую) борьбу темной моей родной страны...».

Как бы то ни было, с опозданием на 80 лет, попал в музей и этот бубен. Кем же был его удивительный обладатель?

### «Удивительно паразитный экземпляр»

Танашев – фигура легендарная, о нем имеется множество свидетельств. Встающий за ними облик не совпадает с тем, что рисует отец. Вернее, совпадает лишь в том, что касается пьянства. И хотя о своей эпилепсии Кондрат говорил и этнографам, оговорка отца насчет припадка «истинного или имитируемого» вполне уместна. Другими свидетельствами это не подтверждается, да и Л. П. Потапов – главный наш авторитет по алтайскому шаманству – пишет, что камы вовсе не были припадочными и прекрасно контролировали себя. Кондрат был талантливым мистификатором и незаурядным актером. Он говорил и делал то, что требовала роль, мороча не только моего отца, но и этнографов.

В 1935 г. сотрудница МАЭ РАН Л. Э. Каруновская опубликовала большую статью, посвященную представлениям алтайцев о вселенной. Статья целиком основана на рассказах и рисунках Танашева. С. А. Токарев и Л. П. Потапов – крупнейшие этнографы, собравшие в более поздние годы огромный материал по алтайскому шаманизму, – утверждают, что материалы эти не заслуживают доверия. Да и для самой Каруновской хитрость Танашева не была секретом. Видимо, она сочла, что, поскольку его сведения во многом совпадают со свидетельствами этнографов прошлого, записать их необходимо. Ее муж, сотрудник Этнографического отдела Русского Музея А. Г. Данилин, работавший на Алтае вместе с нею и собиравший материалы для книги о другой алтайской религии – бурханизме, тоже широко пользовался текстами Танашева, в том числе и автобиографическими.

«В своей автобиографии, – пишет Данилин, – Танашев особенно выявляет одну из отрицательных сторон своей личности: хитрость. Ему было известно, что материалы по бурханизму собираются для печати, поэтому автобиография составлена так, чтобы создалось впечатление: Танашев – почти революционер, во всяком случае – активный помощник советской власти. Однако по проверке факты оказались частью подогнанными и раздутыми, частью вымышленными». Критически осмыслив услышанное, Данилин составил биографию Танашева, которую мы вкратце и изложим.

Кондратий Иванович Танашев родился в 1885 г. в семье алтайца-охотника. Его первое имя – Мерей. Рос в русском окружении, с пяти лет хорошо говорил по-русски. В начале века крестился, при крещении получил имя Кондратий. Самоучкой освоил грамоту. В 1904 г. в Бийске знакомится с Г. Н. Потаниным, который снабжает его нелегальной литературой. В том же году, после расправы властей и русских крестьян с бурханистами, отрекается от православия, переходит в «белую веру» и становится ярлыком – проповедником бурханизма. Он разъезжает по Алтаю, проповедует новую религию, поет песни собственного сочинения и утверждает, будто Бурхан исцелил его от паралича правой руки. Его имя становится широко известно. Его сажают в тюрьму. Выйдя на свободу, он продолжает борьбу с русскими – уже в качестве шаманиста. Слывет «сильным камом». Впрочем, будучи и бурханистом, и шаманистом, Танашев, по словам Данилина, не верил ни в то, ни в другое. Камлание было для него заработком. «Следует отметить чрезвычайную неустойчивость К. И. Танашева, – пишет Данилин, – его честолюбие и вместе с тем безрассудную храбрость» (речь идет о его борьбе с русскими миссионерами). Тем не менее перед Первой мировой войной наш герой снова крестится и даже становится дьяконом.

В 1915 г. Танашева вместе с другими алтайцами угоняют на тыловые работы в Черниговскую губернию. В каторжных условиях люди грузят паровозы углем, но Кондрат не особенно утруждается – он работает десятником и переводчиком у начальства. Пишет за неграмотных письма домой, а те отработывают за него «урок». После революции его избирают в рабочие депутаты, он заседает в Петрограде, в Таврическом дворце. По поручению совдепа ездит по городам Европейской России, разыскивая пропавших без вести на тыловых работах. Вернувшись, воюет на стороне красных, потом бежит от них в Монголию, снова возвращается... В 1925 г. он якобы порывает с шаманизмом и сдает свой бубен (этот экземпляр попал в МАЭ РАН). По другой версии, бубен у него отобрал инструктор политпросвета, поскольку Танашев собрался вступить в партию. Кондрат включается в борьбу с безграмотностью, пропагандирует социалистическое строительство, но тайно продолжает заниматься камланием. В 1929 г. он публично отрезает свою косу и заявляет: «Если теперь я буду камлать и народ обманывать, то отрежьте мою голову, как эту косу!» Но и это было обманом.

И вот пути Танашева и моего отца пересекаются. Он едет в Ленинград, где продолжает играть роль шамана в фильме «Одна», но уже в павильоне «Ленфильма». Живет в гостинице, пьянствует, постоянно попадает в милицию. Вернувшись домой, работает в сельхозартели, в мараловодческом совхозе, на золотых приисках, промышляет охотой, потом становится гуртовщиком



Рисунок Кондрата Танашева. Архив Музея антропологии и этнографии РАН (Санкт-Петербург)

Кадры из фильма «Одна» – стрижка овец





на Чуйском тракте – перегоняет овец из Монголии на Алтай. Словом, законченный авантюрист, но авантюрист талантливый и неординарный.

«Удивительно паразитный экземпляр, – записывает в полевом дневнике Л.Э. Каруновская. – Говорят, он был столь же активен при белых, как в настоящее время распинается за “советский социализм”, а приди опять белые, был бы и с теми не менее ретив. Дома за него работает семья, 70-летняя мать и столь же преклонных лет отчим с ребятишками, а он разъезжает, пьянствует... Гибкость его поистине поразительная... Дьявольская физиономия с хитрыми неоткрытыми глазами... Как бывшего кама, его боятся – вследствие чего он привык к незаслуженному вниманию и приношениям...». Пройдохой и жуликом называет Танашева и сибирский писатель А.Л. Коптелов, лично его знавший.

Последнее, что запомнилось Каруновской, когда они с Данилиным уезжали из Ябогана – пьяный Кондрат, размахивающий в их честь красным флагом.

Ни прибавить, ни убавить... Но попробуем все-таки взглянуть на Танашева с иной стороны. Говоря о его личных качествах, не будем забывать, что он вместе со своим народом попал в мясорубку. Горный Алтай был ареной борьбы сразу четырех культур – шаманистской, бурханистской, православной и советской. Как уцелеть в этой круговерти? Да, Танашева всегда выручало приспособленчество. Но ведь люди верили ему как шаману, бурханисты почитали его как проповедника, пели его песни. Обман? Но тогда что означает слово «правда» в применении к религии?

Говоря же об «апокрифичности» его текстов, спросим себя – а как возникает фольклор? Разве только путем

механического воспроизведения? Если смотреть на Танашева как на человека народной культуры, то отличие его от рядовых ее представителей – лишь в неординарном таланте и решительности, с которой Танашев, будучи носителем живой традиции, ее видоизменял. Чем же он не творец фольклора? Значит, Каруновская и Данилин были правы, записывая и изучая его тексты. Разве они менее «правдивы», чем, скажем, тексты Калевалы, записанные Лённоротом? Рядовые носители традиции лишь воспроизводят ее, а самые талантливые, которых всегда единицы, – меняют и создают.

Своей бесконечной хитростью, изворотливостью, способностью к перевоплощению Танашев напоминал мифологического трикстера, и это еще одна черта, связывающая его с народной и даже архаической культурой. Во время камлания он показывал типично трикстерские фокусы вроде «изрыгания камней» или «глотания» больших колокольчиков, которые на самом деле прятал за пазуху. За всем этим – мировая традиция, уходящая в глубь веков. Народное зрелищное искусство и религиозно, и пародийно; оно не укладывается в схемы, которые создают педантичные ученые. Кстати, это искусство было очень близко творцам киноавангарда. Жаль, что тогда, на Алтае, в 1930 г., эту связь не заметили – ее затмила политика и злоба дня.

**П**ойдут годы и исследователи, быть может, станут чуть снисходительнее и к творчеству Кондрата Танашева, и к нему самому. А его бубен, занявший достойное место в музее Института археологии и этнографии СО РАН, станет одним из бесчисленных связующих звеньев между культурами прошлого и настоящего.

#### Литература

Козинцев Г.М. *Пространство трагедии // Искусство, Ленинградское отделение. Л., 1973. 236 с.*

Каруновская Л.Э. *Представления алтайцев о вселенной (материалы к алтайскому шаманству) // Советская этнография. 1935. Вып. 4–5. С. 160–183.*

Потапов Л.П. *Алтайский шаманизм // Л.: Наука, 1991. С. 302–303.*

Токарев С.А. *Пережитки родового культа у алтайцев // Труды Института этнографии АН СССР. Нов. сер. 1947. Т. 1. С. 139–158.*

Дьяконова В.П. *К. Танашев: алтайский ярлыкчи или кам? // Лавровские (среднеазиатско-кавказские) чтения 1996–1997 гг. СПб.: изд-во МАЭ РАН, 1998. С. 132–134.*

Кондрат Танашев.  
Фото А.Г. Данилина. Архив Музея антропологии и этнографии РАН (Санкт-Петербург)

В. Н. СОЙФЕР



Lamarck

## Жан Батист Ламарк – создатель первого эволюционного учения

«Наблюдать природу, изучать ее произведения, заниматься исследованием общих и частных отношений, выраженных в их свойствах, наконец, стараться понять насаждаемый во всем природой порядок, как и ее ход, ее законы, ее бесконечно разнообразные средства, направленные к поддержанию этого порядка, – в этом, по моему мнению, заключается для нас возможность приобрести в свое распоряжение единственные положительные знания, – единственные сверх того по своей несомненной полезности; в этом также – залог самых высоких наслаждений, более всего способных вознаградить нас за неизбежные огорчения жизни».

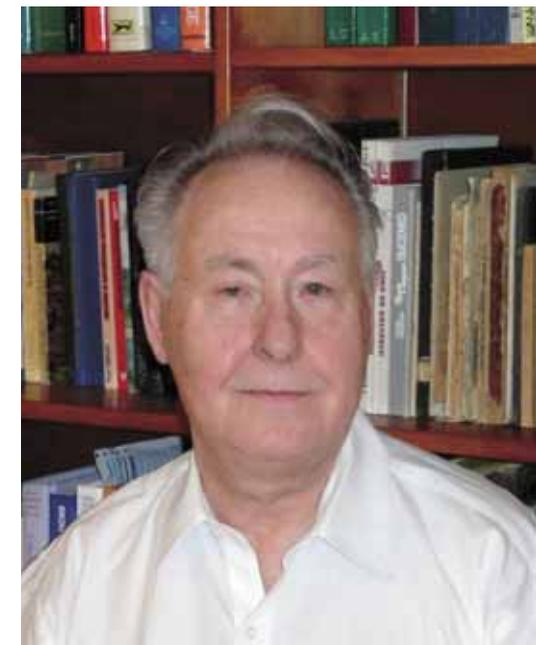
Ламарк. *Философия зоологии*, Т. 1. М.:Л., 1935, с. 12

Идея эволюции, т. е. постепенного изменения и развития живого мира, пожалуй, одна из самых мощных и великих идей в истории человечества. Она дала ключ к пониманию происхождения бесконечного разнообразия живых существ и в конечном счете к появлению и становлению самого человека как биологического вида. Сегодня любой школьник на вопрос о создателе эволюционной теории назовет имя Чарльза Дарвина. Не умаляя заслуг великого английского ученого, нужно отметить, что истоки эволюционной идеи прослеживаются уже в работах выдающихся мыслителей античности. Эстафетную палочку подхватили французские ученые-энциклопедисты XVIII в., в первую очередь, Жан Батист Ламарк, который первым воплотил идею в стройное эволюционное учение, оказавшее огромное влияние на дальнейшее развитие биологии. Ламарковской концепции эволюции живых существ посвящается первый из публикуемой в нашем журнале серии «эволюционных очерков» из будущей книги известного ученого и историка науки В. Н. Сойфера «Ламаркизм, дарвинизм, генетика и биологические дискуссии в первой трети XX-го века»

**Ключевые слова:** Линнеевская классификация организмов, “лестница существ”, эволюционная гипотеза Ламарка, упрямление/неупражнение и отбор как главные факторы эволюции.

**Key words:** Linnean classification of organisms, “Ladder of Life”, Lamarck’s evolutionary hypothesis and his idea on use/disuse and selection as the main factors of evolution

В печатной версии статьи («НАУКА из первых рук», № 3 (33), 2010) по вине редакции была допущена ошибка: ключевые слова не соответствовали содержанию статьи. В электронной версии журнала эта ошибка исправлена



СОЙФЕР Валерий Николаевич – доктор физико-математических наук, заслуженный профессор Университета им. Джорджа Мейсона (США), иностранный член Национальной академии наук Украины, академик Нью-Йоркской академии наук, почетный профессор Сибирского отделения РАН, МГУ им. Ломоносова и Иерусалимского университета. В 1961—1970 гг. работал в институтах АН и АМН СССР, с 1970 по 1978 гг. в ВАСХНИЛ. В 1974 г. создал в Москве Всесоюзный НИИ прикладной молекулярной биологии и генетики ВАСХНИЛ.

Сфера научных интересов: действие радиации и химических веществ на гены, исследование физико-химической структуры ДНК, репарация у растений, действие радиоактивного загрязнения на геном человека. Награжден Международной медалью Грегора Менделя и серебряной медалью Н. И. Вавилова. Автор более двадцати книг, в том числе по истории науки, изданных в России, США, Англии, Германии, Вьетнаме и Чехии, главный редактор 10-томной энциклопедии «Современное естествознание», член редакционного совета журнала «НАУКА из первых рук»





И Демокрит, и Аристотель полагали, что живые организмы не превращаются друг в друга на протяжении длительного периода, но самопроизвольно зарождаются. При этом Аристотель допускал, что организмы способны постепенно усложнять свою организацию – идея, которая воплотилась в XVIII в., как «лестница существ»

Великий систематик Карл Линней навел порядок в мире живых существ, введя строгую научную классификацию, которой пользуются и доныне. Из кн.: К. Линней, «Genera Insectorum», 1789. Библиотека Вольтера, Российская национальная библиотека (Санкт-Петербург)

**В** трудах древнегреческих мыслителей идея саморазвития живого мира носила натурфилософский характер. Например, Ксенофан Колофонский (6–5 вв. до н.э.) и Демокрит (ок. 460–ок. 370 г. до РХ) говорили не об изменении видов и не об их последовательном превращении друг в друга на протяжении длительного периода, а о самопроизвольном зарождении.

Точно также нет в законченном виде эволюционной идеи перехода более простых форм в более сложные и у Аристотеля (384–322 г. до РХ), полагавшего, что живые организмы возникли по воле Высших Сил. По его мнению, Высший Бог поддерживает заведенный порядок, следит за возникновением видов и их своевременной гибелью, но не создает их, как Бог в иудейской религии. Однако шагом вперед было его предположение о постепенном усложнении форм живых существ в природе. По Аристотелю, Бог есть двигатель, хотя и не творец. В таком понимании Бога он расходился с Платоном, рассматривавшем Бога именно как творца.

В трактатах философов средневековья, часто просто пересказывавших идеи греческих мыслителей, не содержалось даже зачатков эволюционного учения в смысле указания на возможность происхождения одних животных или растительных видов из других видов.

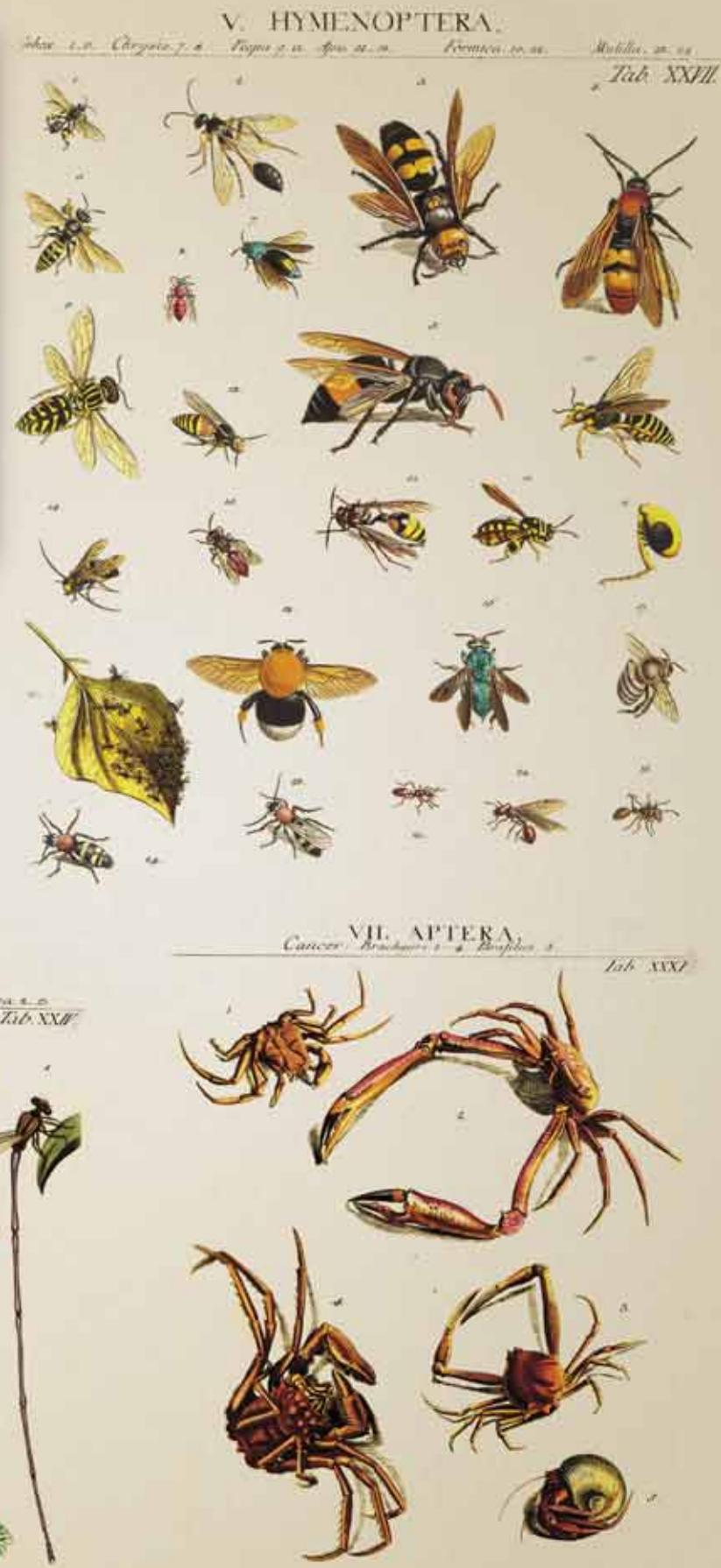
Только в конце XVII в. английские ученые Рэй и Виллоуби сформулировали определение «вид», и описали известные им виды животных, опустив всякие упоминания о фантастических существах, неизменно фигурировавших в фолиантах средних веков.

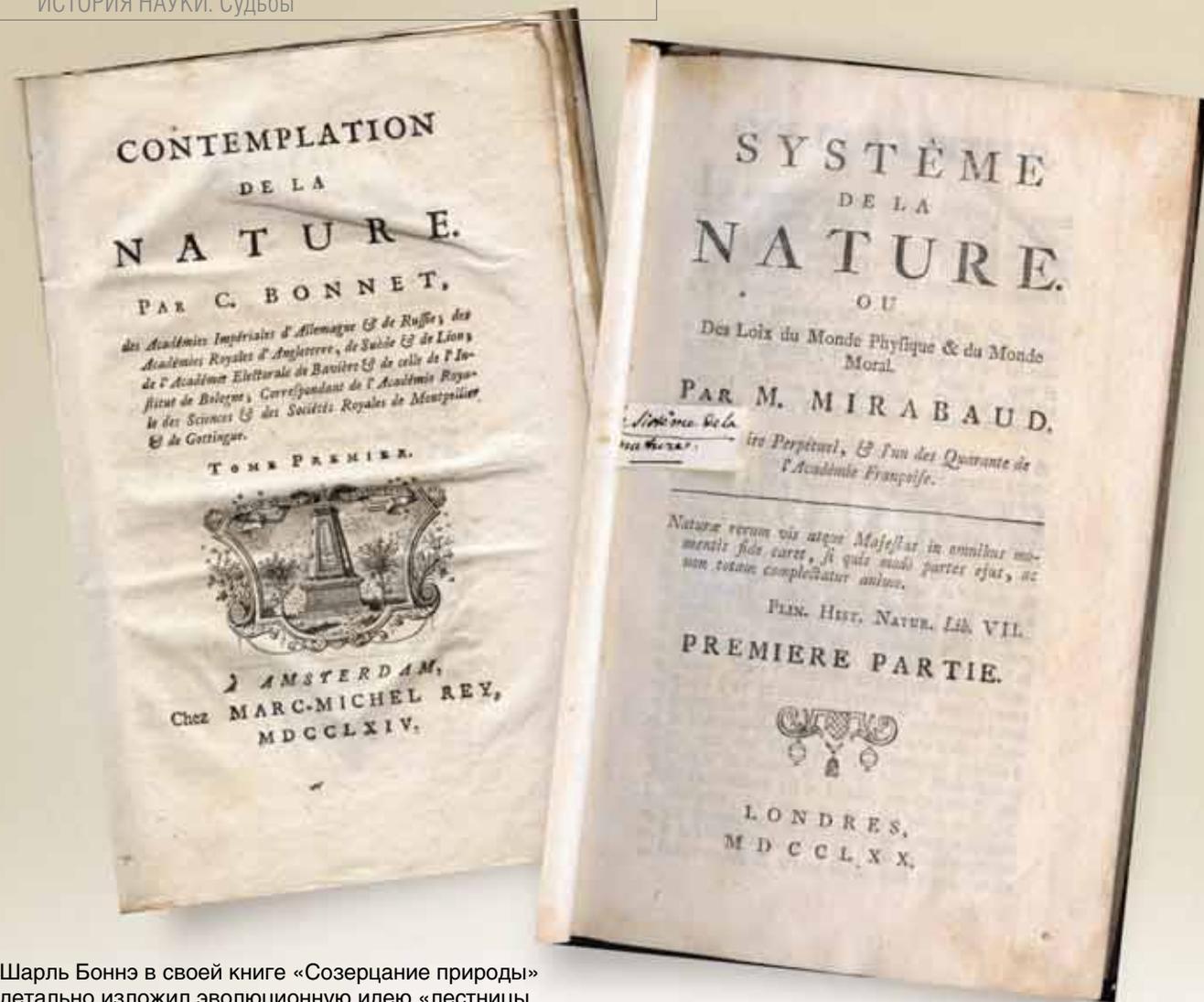
### От Линнея до Мирабо

Великий систематик швед Карл Линней ввел в классификацию живых существ, по сути, точный метод, когда он обосновал необходимость использования для этих целей «numeros et nomina» – «чисел и названий» (для растений – число тычинок и пестиков цветка, одно- и двудомность и т. д.; для всех живых существ так называемую бинарную номенклатуру – объединение родового и видового названий). Линней подразделил все живые существа на классы, порядки, роды, виды и разновидности в фундаментальном труде «Система природы» («Systema Naturae»), впервые опубликованном в 1735 г.; переиздававшемся при жизни автора 12 раз. Он обработал весь имевшийся к тому времени материал, включавший все известные виды животных и растений. Сам Линней дал впервые описания полутора тысяч видов растений.

По сути, Линней создал научную классификацию живых существ, оставшуюся в основных частях неизменной по сей день. Однако проблему эволюции существ он не ставил, а полностью соглашался с Библией, что «мы насчитываем столько видов, сколько изначально сотворено» («tot numeramus species, quat ab initio sunt creatae»). К концу жизни Линней несколько видоизменил свою точку зрения, и признал, что Бог сотворил, возможно, такое число форм, которое соответствует сегодняшнему числу родов, а затем, уже путем скрещивания друг с другом, появились современные виды, но это осторожное признание несколько не отвергло роль Творца.

С середины XVIII в. классификацию Линнея пытались улучшить многие ученые и в их числе французы





Шарль Боннэ в своей книге «Созерцание природы» детально изложил эволюционную идею «лестницы существ». По этому поводу Ламарк напишет: «Уже давно зародилось предположение, что тела, одаренные жизнью, образуют как бы лестницу или размеренную цепь. Боннэ развил этот взгляд, но не подкрепил его фактами.... Не в его силах было сделать это, так как в его время не существовало даже средств к этому».

На фото – титул книги Ш. Боннэ «Contemplation de la nature», 1764. Издатель М. М. Рей. Библиотека Вольтера, Российская национальная библиотека (Санкт-Петербург)

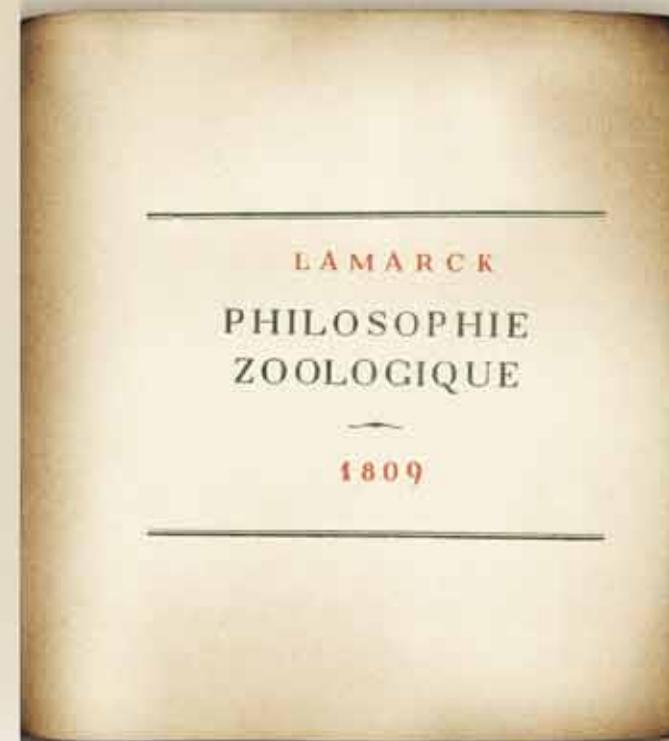
Бюффон, Бернар де Жюссье и его сын, Мишель Адансон и другие. Стала снова популярной идея Аристотеля о постепенной смене одних форм другими, получившая теперь название «лестницы существ». Широкому признанию идеи постепенности способствовали труды Г. В. Лейбница (1646–1716), его «закон непрерывности».

Наиболее детально идею «лестницы существ» изложил швейцарский ученый Шарль Боннэ (1720–1793) в книге «Созерцание природы». Он был прекрасным

в своей книге «Система природы» П. Гольбах кратко, но четко сформулировал тезис об изменчивости всего живого на Земле, включая человека: «...первобытный человек, может быть, больше отличался от современного, чем четвероногое от насекомого». Титул книги Мирабо «Systeme de la nature», 1770. Издатель М. М. Рей. Библиотека Вольтера, Российская национальная библиотека (Санкт-Петербург)

натуралистом, первым давшим подробное описание членистоногих, полипов и червей. Он обнаружил явление партеногенеза у тлей (развития особей из неоплодотворенных женских половых клеток без участия мужских начал). Он же исследовал движение соков по стеблям растений и попытался объяснить функции листьев.

К тому же у Боннэ был дар прекрасного рассказчика, он владел словом как настоящий писатель. «Созерцание природы» была не первой его книгой,



Жан Батист Ламарк.  
Художник Буаи, 1821 г. По кн.  
Ламарк, *Философия зоологии*, Т. 1.  
Москва-Ленинград, 1935 г..



Institut Royal  
France  
LE CHEVALIER DE LAMARCK,  
(Jean-Baptiste Pierre Antoine Lamarck)  
Membre de la Légion d'honneur  
Reproduction с литографии Бойи (Boilly), 1821

и он постарался написать ее таким увлекательным языком, что она имела небывалый успех. Местами изложение переходило в гимн Творцу, сотворившему столь разумно всевозможные материи. В основание «лестницы» – на первую ступеньку – он поместил то, что назвал «Более тонкие материи». Затем шли огонь, воздух, вода, земля, сера, полуметаллы, металлы, соли, кристаллы, камни, сланцы, гипс, тальк, асбест и лишь затем начинался новый марш лестницы – «Существа живые» – от простейших до сложно организованных, вплоть до человека. Характерно, что Боннэ не ограничивал лестницу человеком, а продолжал ее, располагая над человеком «Лестницу миров», еще выше – «Сверхестественные существа» – членов небесной иерархии, чинов ангельских (ангелов, архангелов и т. д.), завершая все построение высшей ступенью – Богом. Книгу перевели на итальянский, немецкий, английский языки. В 1789 г. уже престарелого Боннэ посетил русский писатель Н. М. Карамзин, давший обещание перевести книгу на русский язык, что и было сделано позже, правда, без участия Карамзина. Идеи Боннэ нашли не только

восторженных почитателей, но и суровых критиков, например, Вольтера и Канта. Другие сочли нужным трансформировать «лестницу» в дерево (Паллас) или в подобие сети (К. Линней, И. Германн).

В середине XVIII в. появились трактаты, в которых роль Творца отрицалась и высказывалось убеждение, что развитие природы могло идти за счет внутренних взаимодействий «частей мира» – атомов, молекул, приводящих к постепенному возникновению все более сложных образований. В конце XVIII в. Дидро в «Мыслях об истолковании природы» осторожно посягнул на авторитет Священного Писания,

совсем категоричным был П. Гольбах, опубликовавший в 1770 г. под всевдонимом Мирабо книгу «Система природы», в которой роль Творца была отвергнута полностью и без всяких сомнений, присущих Дидро. Книгу Гольбаха немедленно запретили. Против нее, особенно того, что касалось атеистических воззрений автора, восстали многие тогдашние властители умов, и громче всех – Вольтер. Но идея изменчивости живого уже пустила корни и была подпитана словами (тем





Памятник Жоржу-Луи Леклеру, графу Бюффону – знаменитому естествоиспытателю и создателю парижского Королевского сада, преобразованного в Музей естественной истории, с которым будет тесно связана деятельность Ламарка. Фото А. Кирейчука

Музей естественной истории расположен в исторической части Парижа у набережной Сены. Некоторые музейные здания построены еще в VIII в. Здесь работали многие выдающиеся ученые, заложившие основы современной науки, в том числе и Ж. Б. Ламарк. На фото – дом Ж. Кювье, ныне лаборатория сравнительной анатомии. Фото А. Кирейчука

**«Неужели же основательными мнениями следует считать только общепринятые? Но ведь опыт достаточно ясно показывает, что личности с очень развитым умом, с огромным запасом знаний составляют во все времена крайне ничтожное меньшинство. При этом нельзя не согласиться, что авторитеты в области знания должны устанавливаться не подсчетом голосов, а по достоинству, хотя бы такая оценка была и очень трудна.**

**«...» Как бы то ни было, отдаваясь наблюдениям, послужившим источником для изложенных в этой работе мыслей, я получил и радость от сознания, что мои взгляды похожи на истину, и награду за труд, понесенный при занятиях и размышлениях». Ламарк. *Философия зоологии*. Т. 1. М.; Л., 1935. С. 16—17**

менных ему, но и был признанным основателем палеонтологии беспозвоночных. К моменту формулирования идеи об эволюции живых существ ему исполнилось 56 лет. И потому его книга не была плодом незрелых мыслей взбудораженного юноши, но содержала «весь научный материал своего времени», как подчеркивал выдающийся российский исследователь эволюционной теории Ю. А. Филипченко.

Случайно ли, что на рубеже XVIII—XIX вв. Ламарк стал создателем этого учения? Именно в XVIII в. после трудов Карла Линнея изучение разнообразия видов стало планомерным и популярным. Примерно за полстолетия (1748—1805 гг.) число описанных видов выросло в 15 раз, а к середине XIX в. – еще в 6,5 раз, превысив сто тысяч!

Характерной особенностью XVIII в. было и то, что в течение этого столетия не только накапливались сведения о разных видах, но шла интенсивная теоретическая работа по созданию систем классификации живых существ. В начале века во вполне солидных трудах можно было еще встретить систему Аристотеля, делившего животных на тех, у кого есть кровь (по его мнению, живородящие и яйцекладущие четвероногие, рыбы и птицы), и тех, у кого крови нет (моллюски, ракообразные, черепакожные, насекомые). После Линнея всерьез такое уже утверждать никто бы не взялся.

Основная же работа по классификации живых существ была выполнена во второй половине XVIII в. И вот в это время вклад Ламарка в подразделение животных на разные систематические категории был

огромным, хотя и до сих пор недостаточно признанным. Никто иной, как именно Ламарк, весной 1794 г. ввел разделение животных на позвоночных и беспозвоночных. Уже одного этого факта было бы достаточно, чтобы вписать его имя золотыми буквами в анналы естествознания.

Он же первым в 1795 г. разделил беспозвоночных на моллюсков, насекомых, червей, иглокожих и полипов, расширив позже класс иглокожих с включением в него медуз и ряда других видов (он в этот момент переименовал иглокожих в лучистых). Ламарк в 1799 г. выделил ракообразных, которых в это же время Кювье помещал среди насекомых. Затем в 1800 г. Ламарк выделил в особый класс паукообразных, а в 1802 г. – кольчатых. В 1807 г. он дал вполне современную систему беспозвоночных, дополнив ее еще одним нововведением – выделением в особую группу инфузорий и т. д.

Конечно, надо осознавать, что все эти добавления и выделения делались не одним лишь росчерком пера и не на основании случайного озарения. За каждым таким предложением стояла большая работа по сравнению признаков разных видов, анализу их внешнего и внутреннего строения, распространения, особенностей размножения, развития, поведения и т. п. Перу Ламарка принадлежало несколько десятков томов трудов, начиная от «Флоры Франции» в 3-томном издании 1778 г. (4-томном издании 1805 г. и в 5-томном издании 1815 г.), «Энциклопедии ботанических методов» (1783—1789) – также в нескольких томах, книг с описанием новых видов растений (издания 1784, 1785, 1788, 1789, 1790, 1791 гг.), «Иллюстрированного описания признаков растений» (2 тома описаний, 3 тома иллюстраций) и т. д., книг по физике, химии, метеорологии.

### «Потомство будет восхищаться Вами!»

Наверняка, немалую роль играло и то, что он никогда не был баловнем судьбы, а скорее, наоборот – всю жизнь ему приходилось сносить такие удары, которые свалили бы с ног менее могучую натуру. Одиннадцатый ребенок в семье небогатого дворянина он был отдан в иезуитское духовное училище для подготовки к священническому званию, но шестнадцатилетним юношей, оставшимся к этому времени без отца, он решил идти служить в армию, отличился в боях против англичан (заканчивалась Семилетняя война) и был произведен в офицеры. После войны он еще 5 лет был в составе армии, но уже в эти годы пристрастился собирать растения. С военной службой пришлось распрощаться не по своей воле: неожиданно Ламарк тяжело заболел (началось воспаление лимфатической системы), год ушел на лечение.

**«По-видимому всякий раз, как человек наблюдает какой-нибудь новый факт, он обречен постоянно впадать в ошибку с объяснением его причины: так плодотворно воображение человека в создании идей и так велико его пренебрежение к совокупности данных, предлагаемых ему в руководство наблюдением и другими установленными фактами!»**

**Ламарк. *Философия зоологии*. Т. 1. М.; Л., 1935. С. 52**

После выздоровления, Ламарк столкнулся с новым осложнением: его пенсия, как военного, была мизерной, а больше он ничему обучен не был. Пришлось пойти работать за гроши в банкирскую контору. Успокоение он находил в музыке, занятия которой были настолько серьезными, что одно время он подумывал о возможности зарабатывать себе на хлеб музицированием.

Однако музыкантом Ламарк не стал. В очередной раз он принял вызов судьбы и поступил учиться на медицинский факультет. За 4 года он закончил его, получив диплом врача. Но и тогда он не оставил страсти к коллекционированию и определению растений. Он познакомился с Жан-Жаком Руссо, также страстным собирателем гербариев, и по его совету начал готовить огромную книгу «Флора Франции». В 1778 г. книгу издали за счет государства, она сделала Ламарка широко известным, и 35-летнего ботаника, до той поры никому не ведомого, избрали академиком. Денег это не приносило, но почет был великим, и Ламарк решает предпочесть карьере врача (и приносимого ею богатства) карьеру ученого (естественно, не сулящую ничего, кроме бедности).

Он быстро выдвигается в число выдающихся ботаников. Дидро и Д'Аламбер приглашают его сотрудничать в качестве редактора ботанического отдела Энциклопедии. Ламарк отдает все время этому огромному труду, отнявшему у него почти 10 лет жизни. Первое более или менее сносное место он занимает только через 10 лет после избрания в академики: в 1789 г. он получает скромное жалование как хранитель гербария в Королевском саду.

Он не замыкался только в рамки узкой специальности, о чем хорошо написал впоследствии Жорж Кювье, не любивший его и немало попортивший ему нервов (Кювье признал правоту ламарковской идеи эволюции и развил собственную гипотезу одномоментных смен сразу всех живых существ в результате всемирных «катастроф» и создания Богом вместо уничтоженных форм новых существ со строением, отличным от прежде существовавших организмов). Несмотря на открытую антипатию к Ламарку и при жизни и после его смерти, Кювье вынужден был признать:

«В продолжении 30 лет, которые истекли со времени мира 1763 года, не все его время было употреблено



Под конец жизни Ламарк ослеп, но не оставил научную деятельность.  
Раскрашенный портрет работы Тардьё, 1824 г.  
По кн. «Философия природы» (1937)

на ботанику: во время долгого одиночества, на которое осуждало его стесненное положение, все великие вопросы, которые в течение веков приковывали внимание человечества, овладевали его умом. Он размышлял над общими вопросами физики и химии, над явлениями атмосферы, над явлениями в живых телах, над происхождением земного шара и его изменениями. Психология, даже высокая метафизика не остались ему совершенно чуждыми, и обо всех этих предметах он составил определенные, своеобразные идеи, образованные им силой собственного ума...».

В ходе Великой французской революции подверглись разрушению не только старые порядки, была не только низвергнута королевская власть, но и оказались закрытыми почти все прежде существовавшие научные учреждения. Ламарк остался без работы. Вскоре однако был образован «Музей естественной истории», куда его пригласили работать профессором. Но его подстерегала новая неприятность: все три ботанические кафедры были распределены между друзьями организаторов музея, и безработному Ламарку пришлось ради куска хлеба идти на кафедру «Насекомых и червей», то есть коренным образом менять свою специализацию. Однако и на этот раз он доказал, как силен его дух. Он стал не просто зоологом, а блестящим специалистом, лучшим зоологом своего времени. Уже говорилось о том великом вкладе, который оставил после себя создатель зоологии беспозвоночных.

С 1799 г. одновременно с занятием систематикой живых существ Ламарк согласился взяться за еще

одну работу: правительство Франции решило организовать по стране сеть метеорологических станций, чтобы путем сбора нужных данных прогнозировать погоду. Даже сегодня, в век космоса и гигантских ЭВМ, с их памятью и скоростью расчетов, эта задача остается недостаточно успешно решаемой. Что же можно было ждать от прогнозов на рубеже XVIII и XIX вв.? И тем не менее вечный трудяга и энтузиаст академик Ламарк согласился руководить службой прогнозов.

В его распоряжении были несколько метеостанций по стране. Они были оснащены барометрами, устройствами для измерения скорости ветра, количества выпадающих осадков, температуры и влажности воздуха. Благодаря трудам Б. Франклина (1706—1790) уже были сформулированы начала метеорологии, и тем не менее создание первой в мире результативно работающей метеослужбы было делом весьма рискованным. Но еще со времени службы в армии Ламарка интересовали физика и метеорология. Даже первым его научным трудом был «Трактат об основных явлениях в атмосфере», написанный и прочитанный публично в 1776 г., но так и оставшийся неопубликованным. И хотя Ламарк с жаром приступил к этой работе, погода, как и следовало ожидать, не хотела подчиняться выкладкам ученых, а все шишки за несоответствие прогнозов и реальностей посыпались на голову бедного Ламарка – главного энтузиаста и организатора сети метеостанций.

Насмешки и даже обвинения в шарлатанстве раздавались не только из среды горячего и шумного парижского простонародья, но и из уст корифеев: сарказмом были проникнуты отзывы Лапласа, методично обсуждались многочисленные ошибки прогнозов в «Журнале физики» (еще бы, ботаник отнял у них хлеб, вот и результат!). Наконец, в 1810 г. Наполеон устроил Ламарку настоящую обструкцию на приеме ученых, заявив, что занятия метеорологией «обесчестят вашу старость» (сам Буонапарте, наверняка, в тот момент почитал себя почти святым: горькие проигрыши баталий и фиаско 1812 г. были еще впереди).

Возмнивший себя властителем мира Наполеон кричал на великого ученого, а старый Ламарк не сумел вставить даже слова в свое оправдание и, стоя с протянутой в руке книгой, залился слезами. Император не захотел взять книгу, и ее принял лишь адъютант. А книгой этой в руке Ламарка был труд, принесший великую славу Франции – «Философия зоологии»!

Под конец жизни ученый ослеп. Но и слепым он нашел в себе силы продолжать научную деятельность.

**«...Если я усматриваю, что природа сама по себе производит все вышеуказанные чудеса; что она создала и организацию, и жизнь и даже чувство; что она умножила и разнообразила в известных нам пределах органы и способности организованных тел, жизнь которых она поддерживает и продолжает; что она создала в животных – единственно путем потребности, устанавливающей и направляющей привычки,— источник всяких действий и всяких способностей, от простейших до составляющих инстинкт, индустрию и, наконец, рассудок, – не должен ли я признать в этом могуществе природы, иначе сказать, в порядке существующих вещей, выполнение воли ее высшего Творца, который, быть может, хотел сообщить ей эту силу?**

**И неужели оттого, что Творцу угодно было предрешить общий порядок вещей, я буду меньше удивляться величию могущества этой первопричины всего, чем в том случае, если бы он, постоянно участвуя в актах творения, был непрерывно занят деталями всех частных созиданий, всех изменений, всех развитий и усовершенствований, всех разрушений и восстановлений, – словом всех перемен, какие вообще имеют место в существующих вещах?**

**Но я надеюсь доказать, что природа обладает всеми необходимыми средствами и способностями самостоятельно произвести всё, чему мы удивляемся в ней».**

*Ламарк. Философия зоологии. Т. 1. М.; Л., 1935. С. 66—67*

Он диктовал дочерям новые труды, издавал книги. Он внес огромный вклад в формирование сравнительной психологии, в 1823 г. опубликовал результаты исследований ископаемых раковин.

Умер он 18 декабря 1829 г. 85 лет от роду. Наследники быстро распродали его библиотеку, рукописи, коллекции. Следить за могилой им было недосуг, и она не сохранилась. В 1909 г., спустя 100 лет после выхода главного его труда, в Париже был открыт памятник Ламарку. На постаменте были выбиты слова дочери Ламарка: «Потомство будет восхищаться Вами, оно отомстит за Вас, мой отец».

## Первая эволюционная

Каковы же те идеи, которые Ламарк выдвинул в «Философии зоологии»?

Главная из них, как уже было сказано, заключалась в отказе от принципа постоянства видов – сохранения неизменными признаков у всех существ на земле: «Единственно это предположение я и намерен оспаривать, – писал Ламарк, – потому что доказательства, почерпнутые из наблюдений, явно свидетельствуют, что оно неосновательно». В противовес он провоз-

гласил эволюцию живых существ – постепенное усложнение строения организмов, специализацию их органов, появление у животных чувств и, наконец, возникновение разума. Процесс этот, считал ученый, был долгим: «По отношению к живым телам природа все производила мало-помалу и последовательно: сомневаться в этом более нельзя». Причина, обуславливающая необходимость эволюции – изменение среды обитания: «...породы изменяются в своих частях по мере того, как наступают значительные перемены во влияющих на них обстоятельствах. Весьма многие факты убеждают нас, что по мере того, как особям одного из наших видов приходится менять местоположение, климат, образ жизни или привычки, они подвергаются влияниям, изменяющим мало-помалу состояние и соотношение их частей, их форму, их способности, даже их организацию... Сколько примеров я мог бы привести из животного и растительного царств в подтверждение этого положения». Правда, надо признать, что идея Ламарка о наследовании благоприобретенных признаков, как показали более поздние исследования, оказалась преувеличенной.

Свою книгу он построил так, чтобы в первой части изложить основные принципы нового учения, а во второй и в третьей частях – примеры, подкрепляющие эти принципы. Возможно, это послужило причиной укоренения одного заблуждения – мнения об относительно слабой доказательности его аргументов. Дескать, ничего, кроме провозглашения принципов, Ламарк не сделал, ничем серьезным свои предположения не подкрепил.

Такое мнение о труде неправильно, оно возникает, главным образом из-за того, что критики не взяли на себя труд дочитать до конца объемистую книгу автора, а ограничились в основном ее первой частью. Но и в ней примеры приведены были. Он говорил о постепенном изменении пшениц, возделываемых человеком, капусты, домашних животных. «А сколько весьма разных пород среди ваших домашних кур и голубей получили мы посредством воспитания их в разных условиях и в разных странах», – писал он. Указывал он и на изменение уток и гусей, одомашненных человеком, на быстрое изменение, наступающее в организме птиц, пойманных на свободе и заточенных в клетки, на огромное разнообразие пород собак: «Где найти этих догов, борзых, пуделей, лягавых, болонок и т. д. – пород, представляющих между собой более резкие различия, чем те, которые мы принимаем за видовые...?» Указывал он и на еще один мощный фактор, способствующий изменению признаков – скрещивание между собой организмов, различающихся по свойствам: «...путем скрещивания... могли последовательно возникать все известные ныне породы».

Разумеется, предлагая гипотезу об эволюции живых существ, Ламарк понимал, что одним лишь указанием

на многочисленные случаи убедить читателей будет трудно, потому и писал об этом в начале книги: «...власть старых идей над новыми, возникающими впервые, благоприятствует... предубеждению... В итоге получается: каких бы трудов ни стоило открытие новых истин при изучении природы, еще большие затруднения заключаются в том, чтобы добиться их признания». Поэтому нужно было объяснить, почему же организмы меняются и каким образом изменения закрепляются в поколениях. Он полагал, что все дело в повторяемости сходных действий, необходимых для упражнения органов («Многочисленное повторение... укрепляет, увеличивает, развивает и даже создает необходимые органы») и детально разбирает это предположение на многих примерах (в разделах «Деградация и упрощение организации» и «Влияние внешних обстоятельств»). Его вывод гласит, что «частое употребление органа... увели-

чивает способности этого органа, развивает его самого и заставляет его приобрести размеры и силу, каких нет в животных, упражняющих его меньше».

Задумывается он и над вопросом, ставшим в биологии центральным, спустя столетие, – каким же образом изменения могут закрепиться в последующих поколениях? Нельзя не подивиться тому, что в начале XIX в., когда проблема наследственности еще не была и поставлена, Ламарк понял ее важность и записал:

«Всякое же изменение какого-либо органа, изменение, обусловленное достаточно привычным употреблением данного органа, наследуется юным поколением, если только это изменение присуще обоим особям, взаимно содействовавшим при оплодотворении воспроизведению их вида. Это изменение передается дальше и переходит таким образом ко всем поставленным

**«...В интересах преподавания ... моим ученикам мне нужно, не зарываясь до поры до времени в подробности по частным вопросам, дать им прежде всего то общее, что касается всех животных, показать им предмет в целом, наряду с основными воззрениями того же порядка, и только после этого разложить это целое на его главные части, чтобы сопоставить последние между собой и лучше ознакомить с каждой в отдельности. <...> По окончании всех этих изысканий делается попытка извлечь из них следствия, и вот мало-помалу философия науки устанавливается, выправляется и совершенствуется. Таков единственный путь для человеческого ума к приобретению самых обширных, самых прочных, самых связных познаний в любой науке, только этим аналитическим методом достигается подлинный успех в науках, строгое различие и совершенное познание их предметов.**

**К несчастью недостаточно еще вошло в обычай пользоваться этим методом при изучении естественной истории. Всеми признанная необходимость тщательного наблюдения частных фактов породила привычку ограничиваться только ими и их мелкими подробностями, так что для большинства натуралистов они стали главной целью изучения. Но такое положение вещей неизбежно должно привести к застою в естественных науках...»**

*Ламарк. Философия зоологии. Т. 1. М.; Л., 1935. С. 26—27*

в одинаковые условия потомкам, но последним уже приходится приобретать его тем путем, каким оно было приобретено их родоначальниками».

Тем самым Ламарк показал, что он четко понимал роль обоих партнеров, принимающих участие в формировании зиготы. Его вера в роль повторяющихся упражнений в изменении наследственности оказалась неверной, тем не менее он осознал важность процесса внесения изменений в наследственный аппарат организмов. Поразительно, но Ламарк даже дал измененным особям название – мутации, предвосхитив введение того же термина де Фризом столетием позже.

Памятник создателю первой эволюционной теории был открыт в Ботаническом саду парижского Музея естественной истории в 1909 г. – столетие спустя после выхода его главного труда, «Философии зоологии». На постаменте выбиты слова дочери Ламарка: «Потомство будет восхищаться Вами, оно отомстит за Вас, мой отец»

И все же, опередив свое время в понимании главного – признании эволюционного процесса, он остался человеком XVIII в., что помешало ему дать правильное представление о законах, управляющих ходом поступательного развития живых существ. Однако он далеко опережал своих современников, когда рассуждал о том, каким мог быть механизм, лежащий в основе изменения наследственности («Ведь... каковы бы не были обстоятельства, они никакого изменения в форме и организации животных непосредственно не производят»).

Ламарк заявляет, что раздражение, вызванное длительно действующими переменами во внешней среде, воздействуют на части клеток у низших форм, имеющих нервную систему, понуждают их к большему или меньшему росту, и если сходные перемены среды сохраняются достаточно долго, постепенно меняется и строение клеток. У животных с нервной системой такие длительные изменения среды влияют прежде всего на нервную систему, что в свою очередь сказывается на поведении животного, его привычках и как результат – «породы изменяются в своих частях по мере того,





как наступают значительные перемены во влияющих на них обстоятельствах».

Процесс изменений природы растений он описывает следующим образом: «У растений, где отнюдь нет действий (следовательно, нет и привычек в собственном смысле этого слова), крупные перемены во внешних обстоятельствах приводят к не менее значительной разнице в развитии их частей... Но здесь все происходит путем изменения в питании растений, в его процессах поглощения и выделения, в обычно получаемом их количестве теплоты, света, воздуха и влаги...».

Последовательно проводя эту мысль об изменениях видов под влиянием изменения среды обитания, Ламарк приходит к обобщению, что все в природе возникло путем постепенного усложнения (градации, как он писал) от форм простейших к самым сложным, полагая, что «...укоренившиеся предрассудки мешают признать, что природа сама по себе обладает способностью и всеми средствами дать бытие стольким различным существам, непрерывно, хотя и медленно, изменять их породы и всюду поддерживать общий наблюдаемый нами порядок».

Он отмечал процесс нарастания сложности не только внешних признаков организмов, но и их поведения и даже способности к мышлению. В начальном разделе книги в «Предварительных замечаниях» он писал, что «в своем источнике физическое и моральное без сомнения одно и то же», а далее развивал эту идею: «...природа обладает всеми необходимыми средствами и способностями, чтобы самостоятельно произвести все, чему мы удивляемся в ней. ...Образовывать суждения..., мыслить – все это не только величайшее чудо, какого могло достигнуть могущество природы, но кроме того, и прямое указание на то, что природа, ничего не создающая сразу, затратила на это немало времени».

**«Я имел возможность значительно расширить этот труд, разбив каждую главу в меру интересного входящего в нее материала. Но я предпочел ограничить свое изложение лишь строго необходимым для удовлетворительного понимания моих воззрений. Таким путем мне удалось сберечь время моих читателей без риска остаться непонятым ими.**

**Моя цель будет достигнута, если любители естественных наук найдут в этой работе несколько полезных для себя взглядов и принципов; если приведенные здесь наблюдения, принадлежащие лично мне, будут подтверждены и одобрены лицами, имевшими случай заниматься теми же предметами; если зародившиеся под влиянием этих наблюдений идеи – каковы бы они ни были – подвинут вперед наши познания или поставят нас на пути к открытию неизвестных истин».**

**Ламарк. *Философия зоологии*. Т. 1. М.; Л., 1935. С. 18**

Из всех этих высказываний более поздние материалисты сделали в XX в. вывод, что Ламарк был в глубине души материалистом. Действительно, его преклонение перед могуществом сил природы было искренним. Но все-таки говорить однозначно о его атеистическом мышлении нет оснований, так как в других местах той же «Философии зоологии» он демонстрировал свою приверженность тезису, что нельзя исключить природу из творений Бога.

Поэтому более правильно, на наш взгляд, говорить о стремлении Ламарка последовательно проводить идею, что создание мира было промыслом Божиим, но, сотворив живое, Бог предоставил ему возможность развиваться, совершенствоваться и процветать. «Конечно, все имеет бытие только по воле Высшего Творца», – пишет он в начале книги и продолжает в середине ее: «...как для животных, так и для растений существует один единственный порядок, насажденный Верховным Творцом всего сущего».

Сама природа есть не что иное, как общий и непреложный порядок, установленный Высшим Творцом, – совокупность общих и частных законов, управляющих данным порядком. Неизменно пользуясь средствами, полученными от Творца, природа давала и продолжает постоянно давать бытие своим произведениям; она непрерывно изменяет и возобновляет их, и в результате – естественный порядок живых тел сохраняется полностью».

**С**истема взглядов Ламарка, несомненно, была шагом вперед по сравнению с воззрениями, существовавшими в его время. Это хорошо понимал и он сам. Не раз в книге он повторял, что те, кто знает природу и виды организмов не издали, не понаслышке, а сам занимается классификацией

На русском языке классическое произведение Ламарка (точнее, его первая часть, посвященная собственно эволюционной теории) было впервые опубликовано в 1911 г. Полное же русскоязычное издание труда в 2-х томах появилось в 1935—1937 гг. ГПНТБ (Новосибирск)

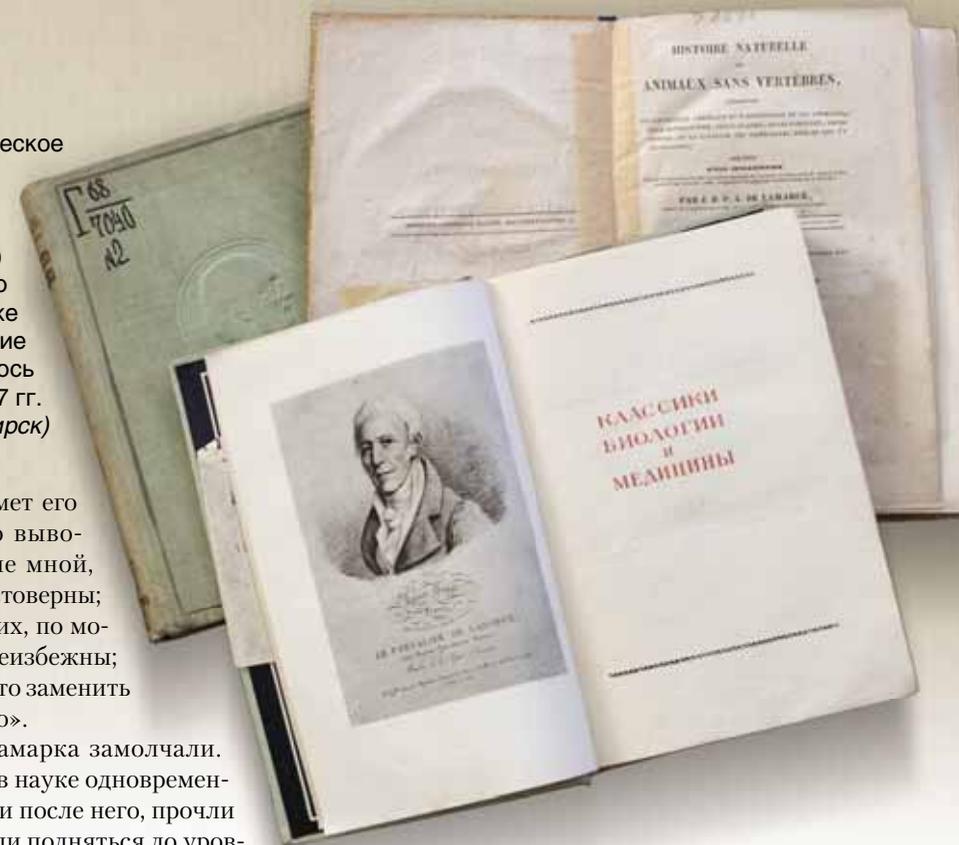
растений и животных, поймет его доводы и согласится с его выводами: «Факты, приводимые мной, весьма многочисленны и достоверны; следствия, выводимые из них, по моему мнению, правильны и неизбежны; таким образом, я убежден, что заменить их лучшими – будет нелегко».

Но случилось другое. Ламарка замолчали. Многие из тех, кто работал в науке одновременно с ним (как Ж. Кювье) или после него, прочли работу Ламарка, но не смогли подняться до уровня его мышления, либо походя, без аргументов и научной полемики, постарались отделаться от его выдающейся идеи об эволюции живого нелепыми возражениями или даже насмешками.

Его теория эволюции в целом опередила свое время и, как отмечал один из основателей русской генетики Ю. А. Филипченко: «Каждый плод должен созреть, прежде чем он падает с ветки и становится съедобным для человека – и столь же справедливо это и для каждой новой идеи..., а в момент появления “Философии зоологии” большинство умов было еще не подготовлено к восприятию эволюционной идеи».

Важную роль в том, что идеи Ламарка замолчали, сыграла позиция тех, кто, подобно очень видному в то время в научных кругах Жоржу Кювье (1769—1832), пропагандировал свои, противоположные ламарковским, гипотезы. Кювье непоколебимо уверовал в правоту своей гипотезы всемирных катастроф, согласно которой Высшая Сила периодически меняла общий план строения живых существ на Земле, убирая старые формы и насаждая новые.

Не могла не влиять на восприятие идеи эволюции и вполне понятная трансформация общественных взглядов. После триумфа энциклопедистов, хоть и придерживавшихся на публике взглядов о незыблемости веры в Бога, но делами насаждавших атеизм, после краха Французской революции, отразившего общее разочарование поведением вождей революции в 1789—1794 гг., к власти (естественно, не без сочувствия основных масс народа) вернулись иные силы. В 1795 г. была распущена Парижская Коммуна, закрыт Якобинский клуб,



прекратились зверские казни «от имени Революции», в 1799 г. власть взяла Директория, а в 1814 г. снова была установлена Империя.

Консервативные воззрения опять приобрели притягательную силу, и в этих условиях труд Ламарка потерял поддержку со стороны властителей публичной политики, в которой он нуждался и благодаря которой он, наверное, легче бы нашел признание. Появись его труд четверть века раньше или четверть века позже, ему было бы легче попасть в фокус интересов общества.

#### Литература

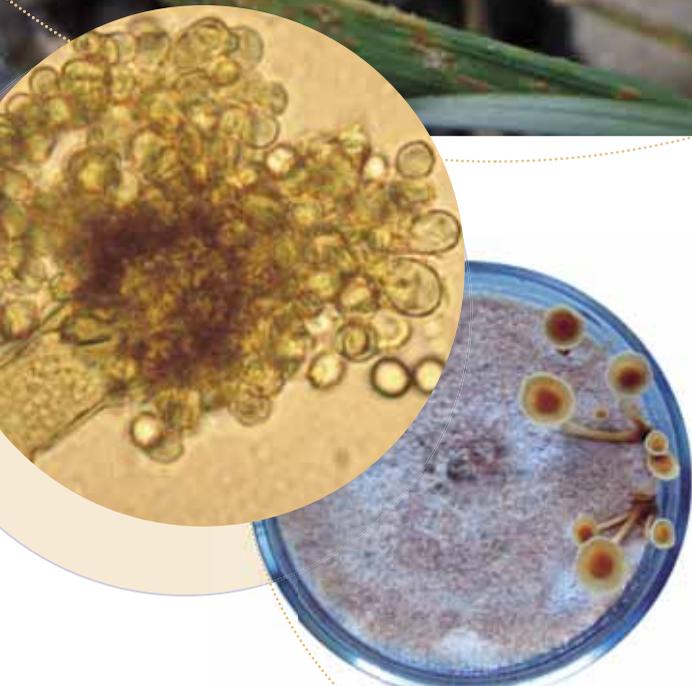
Карпов Вл. Ламарк, исторический очерк // Ламарк Ж. Б. *Философия зоологии*. М., 1911

Ламарк Ж. Б. *Философия зоологии* / Пер. с франц. С. В. Сапожникова. Т. 1. М.; Л., Биомедгиз., 1935. 330 с.; Т. 2. М.; Л., Биомедгиз., 1937. 483 с.

Филипченко Ю. А. *Эволюционная идея в биологии: Исторический обзор эволюционных учений XIX века*. Ломоносовская библиотека. Изд. М. и С. Сабашниковых. 1928. 288 с.

Редакция благодарит к. и. н. Н. А. Копанева (Российская национальная библиотека, Санкт-Петербург), к. фил. н. Н. П. Копаневу (Санкт-Петербургский филиал Архива РАН), д. б. н. А. Г. Кирейчука (Зоологический институт РАН, Москва), О. Лантюхову (L'Université Paris-Dauphine), Б. С. Елепова (ГПНТБ СО РАН, Новосибирск) за помощь в подготовке иллюстративного материала

# В ТРЕТЬЕМ ЦАРСТВЕ, ГРИБНОМ ГОСУДАРСТВЕ...



Грибы, образующие крупные плодовые тела, привлекали людей с незапамятных времен. Они служили не только пищей, но и лекарством, «проводниками» в мир духов, а иногда – и орудием убийства. Рисунки грибов найдены на скалах в чукотском Заполярье и на стенах древних храмов на территории Центральной Америки; римские эскулапы использовали лечебные свойства некоторых грибов, а древние скандинавы ели мухоморы перед сражениями... Современное человечество высоко ценит представителей этого необычного живого царства не только за их гастрономические достоинства: грибы сегодня являются источником ряда важнейших профилактических и лекарственных препаратов, применяемых для восстановления иммунной системы, борьбы с паразитарными, вирусными инфекциями и онкологическими заболеваниями

*Ключевые слова:* грибы, макромицеты, культивирование, лекарственные свойства  
*Key words:* mushrooms, macromycetes, cultivation, medicinal properties

*В публикации использованы фото автора*

ТЕПЛЯКОВА Тамара Владимировна – доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией коллекции грибных культур и простейших ФГУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора (Кольцово, Новосибирская обл.). Сфера научных интересов: биологические средства защиты растений и животных; разработка противовирусных препаратов на основе съедобных и лекарственных грибов. Автор и соавтор более 150 печатных работ, среди которых 2 монографии, 9 авторских свидетельств и патентов



Грибы, пожалуй, одни из самых необычных и загадочных живых существ на нашей планете. Как известно, долгое время исследователи, начиная с Аристотеля, делили все многообразие живого мира на два больших царства – растений и животных. И со времен великого систематика Карла Линнея грибы, соответственно, приравнивали к растениям на основе их внешнего сходства.

Однако по мере накопления знаний подобное положение перестало удовлетворять ученых, хотя и в настоящее время среди них нет полного единства во взглядах на общую систему живого мира. Тем не менее во второй половине XX в. все живые организмы, имеющие клеточное строение, было предложено разделить на пять царств (Whittaker et al., 1969), среди которых грибы заняли достойное место.

Царство прокариоты (Monera) объединило низшие организмы, находящиеся на самом примитивном уровне клеточной организации, царство простейших (Protista) – высшие эукариотические организмы, но при этом микроскопические и одноклеточные. Нас же интересуют высшие многоклеточные организмы, среди которых было выделено три самостоятельных царства: растения (Plantae), животные (Animalia) и, наконец, грибы (Mycota).

В чем же заключаются сходство и различия нашего героя и его ближайших «царственных» многоклеточных родственников? По чертам своего строения и обмену веществ грибы занимают промежуточное положение между растениями и животными, что указывает на наличие у них общего предка.

С растениями их роднит способность к верхушечному росту и образованию поперечных перегородок, наличие клеточной стенки (у клеток животных имеется только плазматическая мембрана). Грибы, как и животные, нуждаются в ряде готовых витаминов; в их клетках образуется так называемый «животный сахар» – гликоген, а также мочевины и хитин (структурный полисахарид, являющийся у ракообразных и других беспозвоночных животных опорным элементом наружного скелета).

При этом грибы, как и животные, не способны к фотосинтезу. Они не могут, подобно зеленым растениям, сами синтезировать углеводы, используя энергию солнечного света и атмосферный углекислый газ в качестве

**Наука о грибах, как отдельное научное направление, сформировалась в начале XIX в. Она получила название «микология» от греческого слова «микос» (mykes) – так в древней Греции называли шампиньон. Применительно к грибам используется также название «фунги» (от лат. fungus – гриб). Сегодня грибы изучают во многих отраслях: защите растений, ветеринарии, почвоведении, биотехнологии, медицине и т. д.**



На сегодняшний день описано свыше 140 тыс. видов грибов, хотя по оценкам ученых их число превышает 1 млн. В России грибы по своему разнообразию занимают второе место среди основных групп организмов, уступая лишь беспозвоночным животным (Коваленко, 2002)

источника углерода. Поэтому для питания им нужны готовые органические вещества, созданные другими организмами, причем в растворенном виде. При этом одни грибы могут питаться «мертвыми» питательными веществами (*сапротрофы*) другие напрямую используют органическое вещество живых организмов (*паразиты* и *симбионты*).

Грибы, эти полурастения-полуживотные, являются неотъемлемым компонентом практически всех наземных и водных сообществ: эти организмы не имеют себе равных по способности осваивать различные экологические ниши. Что касается их численности, то достаточно сказать, что, например, в лесной подстилке на долю грибов приходится до 90% от биомассы всех микроскопических обитателей почв. В результате грибы контролируют широкий спектр биосферных функций, среди которых наиболее существенной является разложение органики.

### Деликатес для фараонов

Гастрономическое знакомство человека со шляпочными грибами имеет длительную историю. Еще в IV в. до н.э. знаменитый греческий ученый Теофраст упоминал об использовании в пищу шампиньонов,

**Вегетативное тело грибов – мицелий – состоит из ветвящихся нитей (гифов), которые нарастают своими кончиками. Диаметр гифов варьирует от вида гриба и условий его роста и может составлять от 2 до 100 мкм. Спора прорастает обычно одной или несколькими ростовыми трубками. Затем мицелий растет равномерно во всех направлениях, образуя сферическую колонию. Это явление можно заметить даже в лесу при сборе грибов: так как плодовые тела зачастую появляются по кругу, то опытные грибники обследуют местность вокруг найденного гриба по раскручивающейся спирали**

трюфелей и сморчков; египетские фараоны считали грибы не только деликатесом, но и самой здоровой пищей. На Руси грибы издавна широко использовались и во время постов.

Были времена, когда Россия была основным поставщиком соленых рыжиков в Англию, Францию и другие европейские страны. Заготовка дикорастущих грибов была так популярна среди населения, что царская казна, взимая с одного заготовителя налог в 30 копеек за лето, ежегодно пополнялась около полумиллионом рублей.

Многолетняя «кулинарная» привязанность человека к грибам определяется не только их отличным вкусом: в грибах много ценных белков, которые содержат практически весь набор незаменимых аминокислот и которые усваиваются не хуже, а даже несколько лучше растительных (Дудка, Вассер, 1987). В истории народов России и Северной Америки известны длительные периоды голода, когда дикорастущие грибы являлись единственным источником белковой пищи.



Грибной мицелий обычно растет равномерно во все стороны, образуя сферическую колонию. Слева – радиально растущие гифы гриба из проб воздуха. Справа – классическая сферическая колонию микроскопического гриба р. *Arthrobotrys*

Такие круги из плодовых тел шляпочных грибов, встречающиеся на полянах и лугах, в народе называли «ведьмиными кольцами»





По размерам грибы условно делят на макро- и микро-скопические (макромицеты и микромицеты). Макромицеты объединяют группу грибов, образующих крупные плодовые тела, примером их могут служить шляпочные грибы – объекты столь любимой многими «тихой охоты». Многие микромицеты можно увидеть лишь под микроскопом. Однако, разрастаясь на подходящем субстрате, такие грибы могут становиться видимыми, образуя паутинистые налеты разных цветов («плесени»)

Помимо белков грибы содержат также углеводы, жиры, многие витамины, до 50 различных макро- и микроэлементов (Беккер, 1988; Соломко, 1988). Благодаря наличию пищевых волокон грибы способствуют выведению из организма токсических продуктов и являются низкокалорийной пищей, что важно для современного человека с его склонностью к гиподинамии.

К сожалению, сегодня многие ценные виды съедобных грибов исчезают из лесов, расположенных вблизи крупных городов. Это связано с уплотнением почвы, вытаптыванием травы, рубкой леса, действием вредных промышленных выбросов. Более того, сам сбор их порой становится небезопасным занятием, так как грибы обладают способностью аккумулировать токсические соединения. Так, в килограмме луговых шампиньонов находили от 6 до 170 мг кадмия, а содержание ртути в плодовых телах грибов может в 30–500 раз превышать ее концентрацию в почве (Эйхлер, 1985).

### Гриб на грядке

Вследствие ухудшения экологической ситуации во многих странах перешли от сбора дикорастущих грибов к их культивированию: сегодня уже более чем в 70 странах развита настоящая грибная индустрия. Свежие культивируемые грибы теперь не редкость и на полках крупных российских супермаркетов. Однако объемы их производства в России пока невелики, а ассортимент чаще ограничивается шампиньоном, вешенкой и изредка шиитаке, тогда как в других странах (Японии, США, Корея, Китае и др.) ассортимент грибов значительно богаче.

Практически все культивируемые грибы относятся к экологической группе сапротрофов, т.е. способных жить исключительно за счет мертвого органического вещества. Как правило, они приурочены к определен-

ному субстрату, в качестве которого могут выступать растительная подстилка, гумусовый слой почвы, мертвая древесина и т.д.

К сожалению, «одомашнить» все столь любимые многими лесные грибы практически невозможно: многие из них способны существовать только в тесном симбиозе с деревьями – представителями сосновых, березовых, буковых. Количество таких «дикарей» составляет до 40% от общего числа видов шляпочных грибов. Симбиотические взаимодействия осуществляются через микоризу – «грибкорень», представляющий собой плотное переплетение чехлика из мицелия гриба с мелкими корнями и корневыми волосками растений. Гриб помогает растению в снабжении его водой и растворенными в ней микроэлементами, растение же доставляет грибу углеводы в качестве источника энергии.

Возвращаясь к культивируемым грибам, хочется отметить высокую продуктивность и практически безотходность этого сельскохозяйственного направления. Выход белка на единицу земельных угодий при культивировании грибов выше, чем при производстве той же говядины (567 т/га против 63,5 т/га соответственно) (Горленко, 1983). При этом «сырьем» для их производства могут служить сельскохозяйственные отходы – солома, костра льна, лузга подсолнечника, шелуха зерновых и т.п.

В тесном симбиозе с деревьями живут трубчатые грибы – белые, подосиновики, подберезовики, маслята, дубовики; пластинчатые – сыроежки, грузди, подгрузди, рыжики, а также сам грибной «король» – трюфель, относящийся к сумчатым грибам



Популярные культивируемые грибы:

- а – шампиньон (*Agaricus bisporus*) (США, 1995);
- б – вешенка устричная (*Pleurotus ostreatus*) (Новосибирск, 2008);
- в – шиитаке (*Lentinus edodes*) (США, 2005)



Трутовик окаймленный или сосновый (*Fomitopsis pinicola*) используется в народной медицине благодаря своим кровоостанавливающим, противовоспалительным и противоопухолевым свойствам, а также как слабительное средство

Отработанный субстрат может быть использован как ценная добавка в рационы домашних животных и птицы. В результате у молодняка улучшается состояние и вырастают привесы (Солошенко и др., 1996), а у свиней пропадает или значительно уменьшается каннибализм. Такой субстрат, содержащий высокие концентрации подвижных форм азота и фосфора, является прекрасным готовым компостом, например, для овощей. Отработанные субстраты с успехом используются и для разведения дождевых червей с целью получения биогумуса.

## Молодильные грибы

На Востоке шляпочные грибы тысячелетиями рассматривались не только как пища, но и как лекарственное и профилактическое средство от многих заболеваний. В Китае бытует мнение, что в природе не существует гриба, который не годился бы в качестве лечебного средства, а с грибом бессмертия *Ling Zhi* (трутовик лакированный или рейши) не могут сравниться никакие лекарственные травы. Чтобы продлить

молодость, китайские императоры также постоянно употребляли в пищу гриб шиитаке, который сейчас успешно культивируется (Денисова, 1998).

Древние сведения получили в последнее время блестящее подтверждение: оказалось, что высшие базидиальные грибы содержат широкий спектр различных биологически активных веществ (полисахариды, органические кислоты, стероидные вещества, тетрациклические тритерпены и т. д.), проявляющие противоопухолевую активность, цитостатическое действие и противовирусный эффект.

Класс базидиальных грибов включает свыше 15 тыс. видов, из них более 100 видов используются в традиционной медицине Китая, Кореи, Японии и других стран Юго-Восточной Азии. Сегодня на их основе получают противоопухолевые, противоаллергенные препараты, а также биологически активные добавки и косметические средства. Грибные препараты успешно завоевывают фармацевтические рынки Европы и США. В Японии препараты высших базидиомицетов составляют около трети рынка онкостатиков и иммунокорректоров. Наиболее известны из них *лентинан* из шиитаке, *ганодеран* из трутовика лакированного, *плевран* из вешенки устричной и др. (Wasser et al., 2000; Stamets, 2002, 2005).

Препараты на основе базидиальных грибов обладают низкой токсичностью, что дает им неоспоримые преимущества перед синтетическими лекарствами, имеющими различные побочные эффекты.

## Сибирская кладовая

В растительных сообществах юга Западной Сибири и Алтая произрастает более 2 тысяч видов грибов из разных экологических групп. Более 200 из них являются съедобными, а многие представляют большой интерес для медицинских целей (Перова и др., 2001; Горбунова и др., 2005).

В Государственном научном центре вирусологии и биотехнологии «Вектор» исследования лечебных свойств высших грибов ведутся с 2006 г. Поиск и сбор грибов для выделения в чистую культуру про-

Способность грибов аккумулировать из окружающей среды различные соединения, о которой упоминалось выше, может быть использована и для благих целей. В сочетании с контролируемыми условиями выращивания она позволяет получать плодовые грибные тела определенного химического состава. В качестве примера рассмотрим накопление в плодовых телах вешенки йода, необходимого для работы щитовидной железы. В результате содержание йода в вешенке, которая культивировалась на подсолнечной лузге с добавлением этого элемента, более чем в 14 раз превысило контроль и составило 1,72 мкг на 100 мг гриба (Теплякова и др., 2002).

Такие грибы могут быть использованы для различных целей. Из грибов с низким содержанием йода готовят профилактические блюда; грибы с более высоким содержанием йода используются в сушеном виде (в виде гранул или таблеток) как профилактическое или терапевтическое средство.

Грибы в качестве йодсодержащих добавок обладают рядом преимуществ по сравнению с привычными морскими водорослями благодаря строго контролируемому производству. Более того, как известно, для нормального функционирования щитовидной железы, помимо йода, необходимы другие микроэлементы (цинк, марганец, селен, кобальт и др.). И что может помешать нам вырастить на грибной грядке комплексное лечебно-профилактическое средство, идеально сбалансированное по химическому составу?

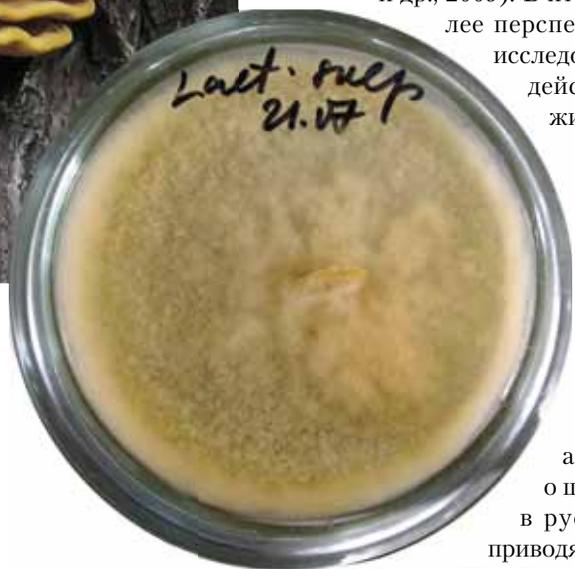


Вешенку легочную (*Pleurotus pulmonarius*) можно встретить на сухих стволах и пнях в березняках и осинниках. Вверху – колония гриба в культуре





Трутовик серно-желтый (*Laetiporus sulphureus*) в Европе и США считается съедобным и разводится в культуре. В Белоруссии полученная из гриба пищевая добавка летипорин рекомендована для восстановления витаминной и минеральной недостаточности и повышения устойчивости к простудным заболеваниям (Бабицкая и др., 2006)



Трутовик плоский (*Ganoderma applanatum*) – близкий родственник трутовика лакированного (*G. lucidum*), китайского гриба бессмертия, больше известного в России под японским именем рейши. Так же как и рейши, обладает антиревматическими, противоопухолевыми и иммуномодулирующими свойствами и может культивироваться для медицинских целей.

На фото справа – рейши в культуре

подавляют вирус гриппа птиц (штамм H5N1) (Кабанов и др., 2009). В итоге было отобрано 10 наиболее перспективных видов грибов для исследования их противовирусного действия уже на лабораторных животных.

Одно из важных открытий – ингибирование размножения вируса иммунодефицита человека первого типа экстрактом гриба всем известной чаги (*Inonotus obliquus*) – было защищено патентом РФ.

Гриб чага давно занял достойное место в официальной медицине. Сведения о широком использовании чаги в русской народной медицине приводятся в травниках и лечебниках XIX в. Биологически активные вещества чаги, образующиеся при тесном взаимодействии березы и гриба, могут участвовать в процессах регуляции метаболизма, коррекции и профилактике патологических нарушений. Недаром в сибирских деревнях до сих пор пьют чай из чаги для профилактики раковых и других заболеваний.

По последним данным, основным компонентом водных извлечений чаги является сложный хромоген-полифенолоксикарбоновый комплекс, куда входят свободные и связанные фенолы и углеводы, флавоноиды, карбоновые кислоты, меланины и др. (Кукулянская и др., 2002; Сысоева и др., 2008).

В настоящее время невозможно определить, какие из этих компонентов отвечают за фармакологическую активность чаги, поэтому терапевтической альтернативы экстракту из грибного нароста (склероция) пока не существует. В принципе то же самое можно сказать и в отношении многих других базидиальных грибов, обладающих лечебными свойствами. Выявить их активные действующие начала – дело будущего, но и сегодня многие целебные грибы можно успешно использовать для лечебно-профилактических целей в натуральном виде.

В настоящее время невозможно определить, какие из этих компонентов отвечают за фармакологическую активность чаги, поэтому терапевтической альтернативы экстракту из грибного нароста (склероция) пока не существует. В принципе то же самое можно сказать и в отношении многих других базидиальных грибов, обладающих лечебными свойствами. Выявить их активные действующие начала – дело будущего, но и сегодня многие целебные грибы можно успешно использовать для лечебно-профилактических целей в натуральном виде.



В последнее время в исследованиях, связанных с решением вопросов теоретической медицины, все большее значение приобретает направление, связанное с поиском и изучением природных биологически активных соединений для лечения различных заболеваний.

Причина в том, что естественные метаболиты (и их аналоги) обладают высокой специфичностью к отдельным системам клеточного обмена и способны легко проникать сквозь клеточную мембрану. При их применении не нарушается регуляция метаболизма клетки: воздействие на конкретную систему не вызывает сдвига функционирования других обменных процессов по типу цепной реакции (Борщевская и др., 1999).

И в этом смысле грибы-макромицеты представляют собой настоящую природную «кладовую», которую человеку надо научиться беречь и рационально использовать.

#### Литература

Бухало А. С. Высшие съедобные базидиомицеты в чистой культуре. Киев: Наук. думка, 1988. 194 с.

Горбунова И. А., Власенко В. А., Теплякова Т. В. и др. Ресурсы лекарственных грибов на юге Западной Сибири // Хвойные бореальной зоны. 2009. № 1. С. 12–21.

Денисова Н. П. Лечебные свойства грибов. Этномикологический очерк. СПб.: Изд. СПбГМУ, 1998. 59 с.

Кабанов А. С., Шишкина Л. Н., Теплякова Т. В. и др. Изучение противовирусной эффективности экстрактов, выделенных из базидиальных грибов, в отношении вируса гриппа птиц // Иммунопатология, аллергология, инфектология. 2009. № 2. С. 185–186.

Перова Н. В., Горбунова И. А. Макромицеты юга Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 158 с.

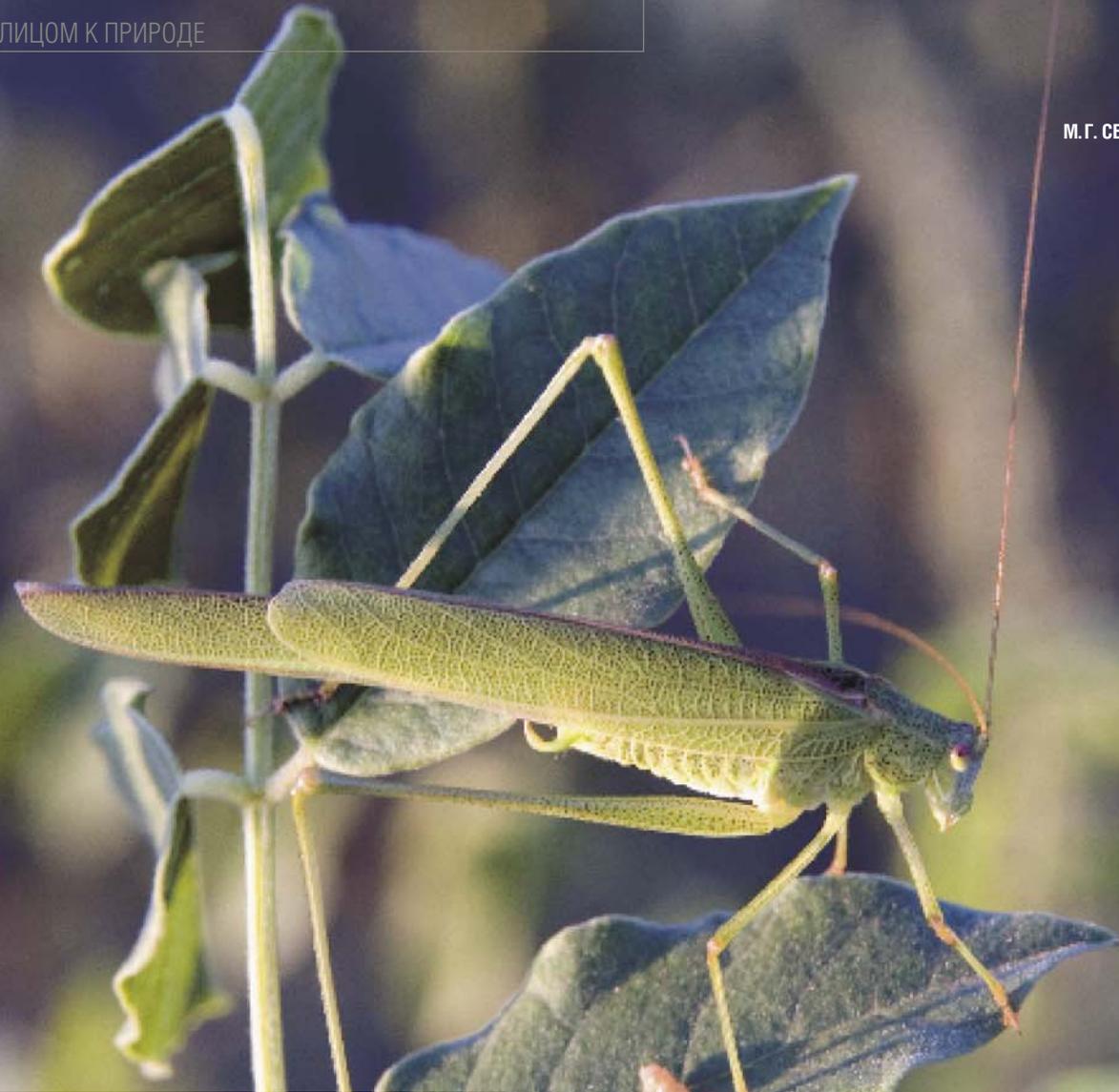
Теплякова Т. В., Косогова Т. А., Михайловская И. Н. Выделение в культуру лекарственных видов базидиальных грибов // Достижения современной биотехнологии. Новосибирск, 2008. С. 335–340.

**S** СЕРИЯ ПУБЛИКАЦИЙ  
продолжение следует

В следующих выпусках журнала мы продолжим знакомство с миром грибов, в том числе с обширной и важной группой микромицетов



М. Г. СЕРГЕЕВ



Пластинокрыл обыкновенный (*Phaneroptera falcata*) широко распространен по югу внетропической Евразии. Этот кузнечик обычно обитает в высокотравье и зарослях кустарников и сам формой тела напоминает листья

Бескрылая кобылка (*Pezotettix pedestris*) обитает главным образом на юге лесной зоны и в лесостепях от Европы до Восточной Сибири. На юге Западной Сибири кобылка нередко встречается на опушках и полянах сосновых боров

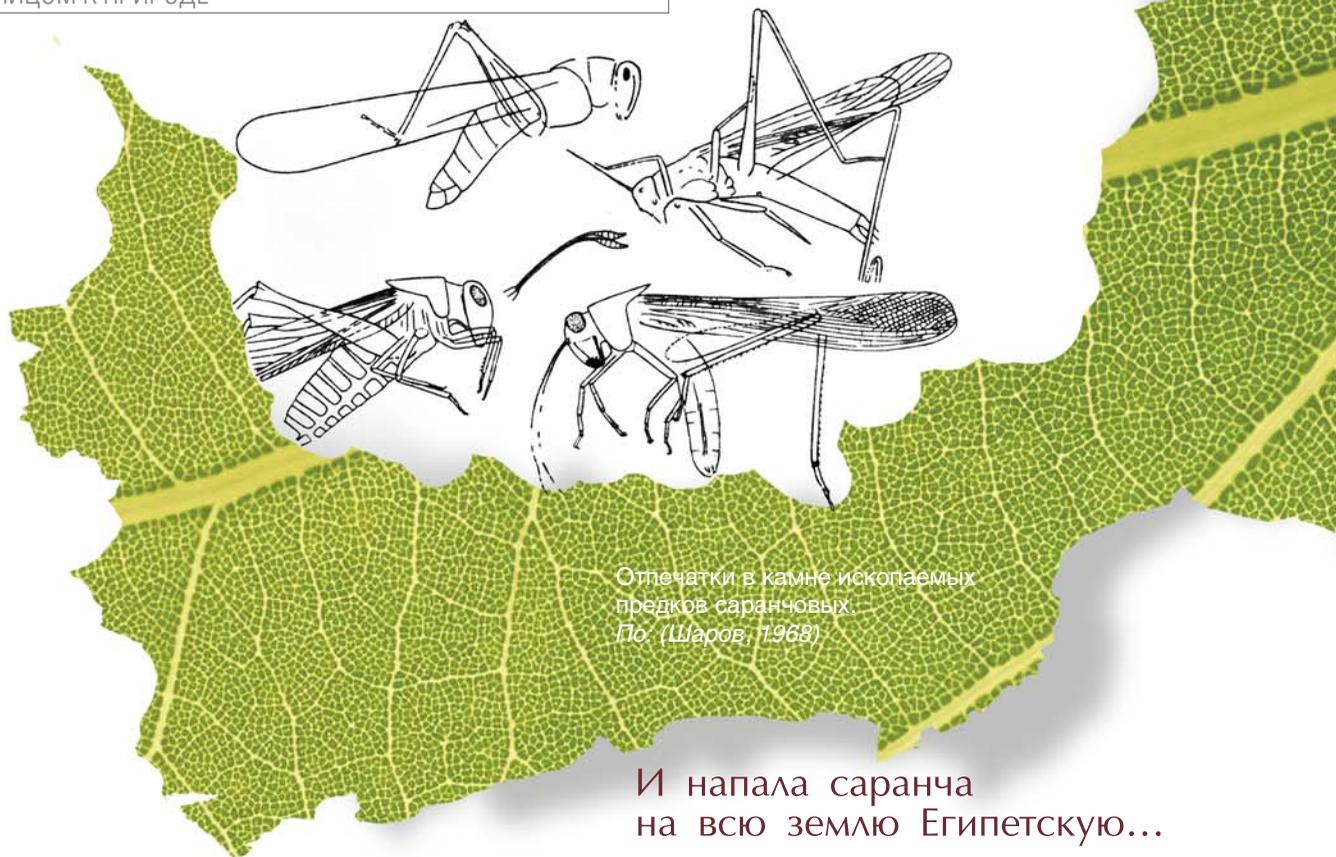


# Саранча – друг или враг?

СЕРГЕЕВ Михаил Георгиевич – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой общей биологии и экологии Новосибирского государственного университета и ведущий научный сотрудник Института систематики и экологии животных СО РАН (Новосибирск). Член Правления Международного ортоптерологического общества и Совета директоров Международной ассоциации прикладной акридологии. Автор и соавтор 17 монографий, 7 учебников и учебных пособий и более 130 научных статей

*Степь. Жаркий летний день. Оглушительный треск саранчуков и рулады кузнечиков... Именно в такое время осознаешь, как много этих столь милых слуху «поющих в траве». Но когда обилие некоторых из них увеличивается на порядки – это уже катастрофа, экологическая и экономическая. Многие десятилетия ученые из разных стран пытаются разгадать тайны этих известных еще с библейских времен насекомых. Почему, например, одни виды саранчовых так и остаются редкими, а численность других может увеличиваться в разы? Почему некоторые из них время от времени формируют огромные стаи? До сих пор далеко не на все подобные вопросы есть ответы...*

**Ключевые слова:** прямокрылое насекомое, саранча, кобылка, экология, биогеография, популяция, адаптация, массовое размножение, защита растений  
**Key words:** Orthoptera, locust, grasshopper, ecology, biogeography, population, adaptation, outbreak, plant protection



Отпечатки в камне ископаемых предков саранчовых.  
По: (Шаров, 1968)

## И напала саранча на всю землю Египетскую...

Становление земледелия на протяжении последних десяти тысяч лет неотъемлемо связано с регулярными вторжениями саранчовых на возделываемые поля. Изображения одного из самых знаменитых видов вредителей – пустынной саранчи – встречается в гробницах первых египетских фараонов. Об ущербе, нанесенном пустынной саранчой, свидетельствуют ассиро-вавилонские клинописные таблички.

«И пришла саранча и гусеницы без числа».  
Псалтирь, Псалом 104

**С**аранчовые (Acridoidea) – довольно крупные насекомые, принадлежащие к отряду прямокрылых (Orthoptera). Их ближайшими родственниками – всем известные кузнечики и сверчки, а также малоизвестные мелкие обитатели растительной подстилки, прыгунчики и триперсты.

Многие из прямокрылых хорошо заметны в естественных местообитаниях: они ярко окрашены, «музыкальны», высоко прыгают и способны к полету.

Эти насекомые издавна привлекают к себе внимание человека: сверчков и кузнечиков на Востоке принято держать дома вместо привычных нам певчих птиц, а бои между самцами сверчков столетиями являются азартным спортивным зрелищем. В ряде стран Азии и Африки местные виды саранчовых по сей день считаются лакомством: их жарят, варят, сушат.

Но все же гораздо чаще мы вспоминаем о них, когда узнаем об ущербе, причиненном очередным нашествием прожорливых насекомых. Неудивительно, что в сознании человека саранча в первую очередь ассоциируется с «образом врага».



В Китае традиция содержания в неволе поющих кузнечиков и сверчков привела к появлению своеобразного промысла – производству специфических «зоотоваров».  
На фото – мисочка-поилка для крупных кузнечиков



В турецкой Каппадокии – древней земле на перекрестке цивилизации – обитают редчайшие виды прямокрылых насекомых, и время от времени происходят вспышки их массового размножения (на фото – каньон р. Ихлара, где сохранились древние пещерные поселения и монастыри). Здесь на стене часовни Св. Варвары в монастырском комплексе Гёреме (IX–X вв.) сохранилась фреска с уникальным изображением гигантской саранчи

Саранча несколько десятков раз упоминается в Библии, причем в основном как враждебное человеку существо. Недаром она заслужила славу одной из апокалиптических «казней египетских»: «И напала саранча на всю землю Египетскую, и легла по всей стране Египетской в великом множестве; прежде не бывало такой саранчи, и после сего не будет такой» (Исход, 10, 14).

С массовым размножением этого вредителя сталкивались и жители Древней Руси. Так, в «Повести временных лет» описана страшная картина, наблюдавшаяся в конце XI в.: «Пришла саранча 28 августа и покрыла землю, и было смотреть страшно, шла она в северные страны, пожирая траву и просо».

С тех пор мало что изменилось. Так, при нашествии саранчи в 1986–1989 гг. в Северной Африке и на Ближнем Востоке химическими инсектицидами были обработаны сельхозугодия на площади почти в 17 млн га, а суммарные затраты на ликвидацию самой вспышки и ее последствий превысили 270 млн дол. В 2000 г. в странах СНГ (главным образом в Казахстане и на юге России) было обработано более 10 млн га.

Вспышки массового размножения в первую очередь характерны для так называемых *стадных саранчовых* (в быту – просто саранча). В благоприятных условиях они формируют *кулиги* – огромные скопления личинок, плотность в которых может превышать 1000 экз/м<sup>2</sup>. Кулиги, а затем и стаи взрослых особей могут активно мигрировать, иногда на очень большие расстояния (известны случаи перелетов стаи саранчи через Атлантический океан).

К счастью, лишь немногие виды способны достигать катастрофической численности. Во-первых, это пустынная и перелетная саранча. У этих самых знаменитых и широко распространенных представителей стадных саранчовых имеется еще одна особенность – ярко выраженная *фазовая изменчивость*. Это означает, что особи на разных фазах численности заметно отличаются друг от друга по внешнему виду. Особи стадной фазы характеризуются темной окраской, более длинными крыльями и лучшим развитием мускулатуры.

Изменения во внешнем облике и численности других видов стадных саранчовых (например, обитающей в пределах СНГ итальянской и мароккской саранчи) не столь разительны, что, впрочем, не мешает их стаям перелетать на значительные расстояния (в десятки и даже сотни километров) в поисках пищи.

## Создатели плодородия

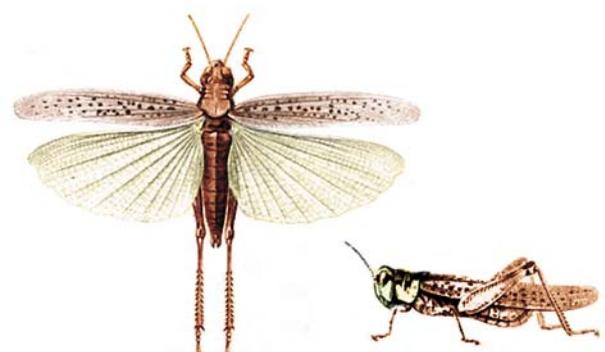
Именно стадные виды саранчовых наносят основной ущерб в годы вспышек их численности, уничтожая на своем пути почти все зеленые части растений. Но и их нестадные родственники (которых часто назы-

вают *кобылками* и *коньками*), а также их дальние сородичи из отряда прямокрылых также могут размножаться в большом количестве и уничтожать растительный покров как в естественных экосистемах, так и на полях.

Но следует ли считать этих насекомых только лишь наказанием человечества? На самом деле в качестве растительноядных животных они являются важнейшим элементом пищевых сетей в травянистых экосистемах, в первую очередь в степях, прериях, полупустынях и саваннах. Эта не столь явная их роль была отмечена еще в библейских текстах: «Оставшееся от гусеницы ела саранча, оставшееся от саранчи ели черви, а оставшееся от червей доели жуки» (Книга пророка Иоилия, 1, 4).

Известный сибирский энтомолог И. В. Стебаев еще в начале 1960-х гг. показал, что в умеренных широтах Евразии саранчовые в течение теплого сезона могут потреблять свыше 10% зеленой фитомассы трав. Кроме того, они активно используют в пищу опад, а при недостатке растительной пищи способны переключаться на трупы своих собратьев, экскременты других животных и т. д. (саранча способна даже поедать текстиль и кожаные изделия!). Одна средняя особь сибирского степного саранчового за всю жизнь потребляет примерно 3–3,5 г зеленых частей растений – это примерно в 20 раз больше ее взрослого веса (Рубцов, 1932). Несколько большие цифры получены для североамериканских и южно-африканских саранчовых.

Такая прожорливость этих насекомых парадоксально оборачивается для природных сообществ благом. Так, Стебаев и его коллеги установили, что саранча способствует разрушению и быстрейшему возвращению растительной массы в круговорот вещества и энергии: в кишечнике многих степных видов саранчовых листья и стебли злаков подвергаются не столько перевариванию, сколько измельчению и фрагментированию, а симбиотические кишечные микроорганизмы обогащают эти фрагменты витаминами группы В. В результате экскременты саранчовых превращаются в превосходное органическое удобрение. Ко всему прочему канадские исследователи показали, что саранчовые, объедая листья, активизируют рост растений и увеличивают их продуктивность.



Единственным стадным видом североамериканских саранчовых была так называемая саранча Скалистых Гор (*Melanoplus spretus*), бывшая для фермеров настоящим бедствием. Но на рубеже XIX—XX вв. она полностью вымерла, сохранившись только как музейные экспонаты.  
 По: (United States Entomological Commission. First Annual Report for the Year 1877 relating to the Rocky Mountain Locust)

Таким образом, несмотря на то, что ущерб, наносимый саранчовыми и другими прямокрылыми, может быть огромным, их роль в обеспечении нормального функционирования и устойчивости природных экосистем, особенно травянистых, колоссальна.

### Человек – враг или друг?

Люди на протяжении многих веков пытаются бороться с саранчой. До начала XX в. использовались достаточно простые способы: механическое уничтожение, выжигание и распашка мест залежей яйцекладок. Позже начали широко применяться различные химические препараты, причем за последние десятилетия спектр инсектицидов существенно изменился: на смену печально известным ДДТ и ГХЦГ сначала пришли фосфорорганические соединения, а затем более специфичные синтетические пиретроиды, ингибиторы синтеза хитина (основного компонента наружного скелета насекомых) и т. п.

Итальянская саранча, или прус (*Calliptamus italicus*), заселяет огромную территорию от Атлантического океана до юга Западной Сибири и Сибирского Алтая. Вспышки этого опасного вредителя формируются в основном на юге степной зоны и в полупустынях, а также в пустынных оазисах. Они нерегулярны, но в это время прус может расселяться даже в местах, где обычно не встречается.  
 На фото – кулига итальянской саранчи на краю поля многолетних трав (Кулунда, 2000 г.)

Однако, несмотря на снижение общей токсичности и эффективных доз новых инсектицидов, экологические проблемы их применения не исчезли (в первую очередь это относится к гибели других беспозвоночных). Этих недостатков лишены биопрепараты, биологически активные вещества и другие подобные средства, во многих случаях дающие хороший эффект. Однако действие таких препаратов проявляется не сразу, и быстро подавить вспышку численности вредителя с их помощью нельзя.



Дыбка степная (*Saga pedo*) заселяет степи и полупустыни юга Европы, Казахстана и Западной Сибири. Этот самый крупный отечественный кузнечик на глаза попадает редко. По своим повадкам и пищевым пристрастиям напоминает богомола: в его «лапы» в прямом смысле попадают саранчовые, сверчки, жуки и клопы. Еще одна особенность этого вида – партеногенетическое размножение: все его представители – самки. Вид занесен в Красный список Международного союза охраны природы и Красную книгу РФ



В результате, несмотря на все длительные и titанические усилия, включая массированное применение ДДТ и широкомасштабную распашку времен освоения целины, решить «саранчовую» проблему до сих пор не удалось. Вместе с тем в некоторых случаях воздействие человека на саранчовых и других прямокрылых может иметь губительные последствия, причем это относится не только к редким видам с небольшими ареалами. Так, по мнению американского исследователя Д. Локвуда, жертвой изменения практики землепользо-

Но есть и обратные примеры: в ряде случаев деятельность человека способствует не уменьшению, а росту численности прямокрылых. Такой результат вызывают, например, перевыпас скота, внедрение противоэрозионных систем земледелия и увеличение площади залежей. Так, в последние десятилетия на юго-востоке Западной Сибири за счет использования антропогенных ландшафтов, расширяются ареалы малой крестовички, голубокрылой кобылки, обыкновенного пластинокрыла и др.

Известны и случаи антропогенного расселения прямокрылых на большие расстояния. Именно таким образом несколько европейских видов, например, крупный хищник-засадник степная дыбка, освоили некоторые тепло-умеренные области востока Северной Америки.

### Поющие в траве

Саранчовые и их сородичи из отряда прямокрылых сами по себе представляют интереснейший объект для исследования. Так, мало кто знает, что среди них встречаются виды, проводящие всю или почти всю жизнь на деревьях и кустарниках (особенно много таких форм в тропических лесах). Некоторые обитатели теплых широт способны перемещаться по поверхности воды подобно водомоерам, другие – довольно хорошо плавать, даже под водой. Ряд прямокрылых (например, медведки) роют норы, а лжекузнечики могут поселяться в пещерах.

Считается, что саранчовые многоядны, но в действительности почти все они предпочитают питаться вполне определенными группами растений, а для некоторых и вовсе характерна ярко выраженная трофическая специализация. Такие гурманы могут без ущерба для здоровья поедать, например, ядовитые растения (борцы, чемерицы и др.). Среди кузнечиков, особенно

крупных, преобладают хищники или виды со смешанным питанием, а значительная часть остальных прямокрылых способна перерабатывать мертвый растительный опад.

Очень интересны и разнообразны адаптации насекомых, связанные с размножением. Особенно это относится к средствам коммуникации, по которым можно распознать половую принадлежность особи. Самцы прямокрылых уникальны по многообразию способов издавания звуков: здесь и взаимодействие правого и левого надкрылий; задних конечностей и верхней стороны надкрыльев; задних конечностей и нижней стороны надкрыльев; задних бедер; особый орган Краусса; наконец, просто «скрежет» челюстями. Иногда могут петь и самки.

Виды, не способные издавать звуки, часто используют сигнальную окраску: у самцов очень ярко окрашенными бывают задние крылья, задние голени, внутренняя сторона задних бедер, которые насекомые демонстрируют во время ухаживания.

У большинства саранчовых после оплодотворения самки откладывают в почву группу яиц, окруженную более или менее прочной оболочкой. Такую кладку по ассоциации с традиционным глиняным сосудом называют *кубышкой*. Другие прямокрылые также откладывают яйца прямо в почву, но есть кузнечики, которые используют для этого зеленые растения. Они надпиливают краем своего яйцеклада листья или побеги и откладывают яйца в образовавшуюся щель.

Заслуживает отдельного упоминания и хорошо развитая у саранчовых и их сородичей способность к передвижению. Многие из них способны активно ходить, прыгать и летать, однако, как правило, их перемещения не превышают десятков метров. Обычные на юге Сибири трещотки могут держаться в воздухе десятки минут: используя

вания в конце XIX в. стала упоминавшаяся выше знаменитая саранча Скалистых Гор. После очередной вспышки массового размножения ее популяции сохранялись в долинах рек, которые и начали активно распахивать. В результате сегодня этот вид считается полностью исчезнувшим: последний его представитель был пойман в 1903 г.



потоки теплого воздуха, они поднимаются на высоту свыше 10 м. Но даже эти рекордсмены чаще всего возвращаются на тот участок, с которого они взлетели (Казакова, Сергеев, 1987). Исключения составляют стадные саранчовые. Как уже упоминалось, они могут перемещаться на значительно большие расстояния: личинки – до десятков и сотен метров, а взрослые улетают на десятки и сотни километров.

Некоторые нелетающие виды используют для расселения нетривиальные способы. Так, английский исследователь Г. Хьюит и его коллеги (Hewitt et al., 1990) наблюдали в Альпах, как особи бескрылой кобылки запрыгивали на овец и перемещались в прямом смысле верхом.

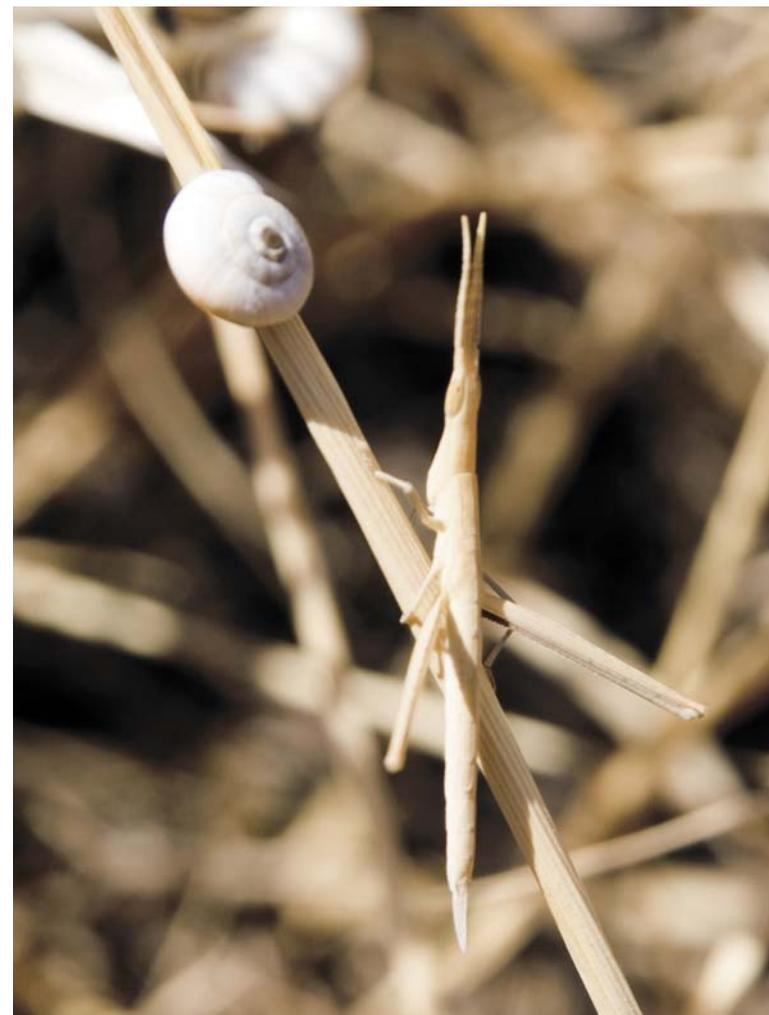
### Два века под прицелом

Саранчу и ее сородичей активно изучают на протяжении последних двух веков: отряд прямокрылых был выделен П. А. Латрейем еще в 1793 г. Исследователи XIX в. в основном занимались описанием новых форм и изучением индивидуального развития этих насекомых, но уже тогда появились и первые экологические наблюдения, в том числе за потенциально вредными видами.

В XX в. эти традиционные направления развивались: были выявлены многочисленные новые таксоны, преимущественно из тропических регионов; установлены основные закономерности распределения прямокрылых. Но особое внимание уделялось экологии – внутрипопуляционным взаимодействиям, динамике популяций и сообществ, роли в естественных и антропогенных ландшафтах.

Степной конек (*Euchorthippus pulvinatus*) типичен для степей юга России и Казахстана. Этот вид истинных саранчовых часто держится в зарослях ковылей, где его не просто заметить

Этот представитель своеобразного семейства пустынных саранчовых (р. *Glyphotmethis*) почти незаметен среди камней горной пустыни. Все представители этого рода имеют небольшие ареалы и встречаются только в Малой Азии и на Балканах



Многие виды р. *Acrida* – чемпионы мимикрии. Эти насекомые обычны для субтропических и тропических злаковников Старого Света. В России встречаются на юге европейской части и в Приморье

**Прямокрылые прекрасно приспособились к своей среде обитания, в совершенстве усвоив приемы маскировки. Например, окраска видов, живущих на стеблях злаков, как бы «растворяет» подобные существа в толще травостоя. Их соседи, живущие на поверхности почвы, «прячутся» за счет расчленившего сочетания пятен своего окраса, имитирующего растительный опад. В злаковниках теплых районов встречаются виды, формой тела имитирующие стебли злаков, а обитатели пустынных ландшафтов часто почти сливаются с предпочитаемым типом поверхности благодаря своеобразной окраске и особенностям строения тела. Прямокрылые (особенно кузнечики), заселяющие деревья и кустарники, часто похожи на листья**

Типичный обитатель пустынь и полупустынь – кобылка-гребневка (*Pyrgodera armata*) – успешно прячется среди камней, частично прикрытых растительным опадом

Выдающуюся роль в исследовании саранчовых сыграли наши соотечественники, работавшие как в бывшем СССР, так и за границей. Так, член английского Королевского общества и создатель известного Противосаранчового центра в Лондоне Б. П. Уваров в 1920-е гг. разработал теорию фаз, ставшую основой современной экологии саранчовых.

Конечно, в конце XX–начале XXI вв. у исследователей появилась возможность получить принципиально новые данные об этих насекомых с помощью молекулярно-генетических, биохимических и информационных методов. Особенно это касается механизмов перехода от одиночной фазы к стадной и обратно, миграций кулиг и стай и т. п.



Сухие степи Убсунурской котловины – характерный для саранчовых ландшафт, где их численность постоянно высока и где они являются ведущей группой растительоядных организмов

Однако эти возможности часто не реализуются. Во многом это происходит благодаря тому, что интерес к этим насекомым (как и финансирование исследований) резко падает после подавления очередной вспышки, когда минует опасность для сельского хозяйства.

Тем не менее данные, которые удалось получить на протяжении последних лет, позволяют взглянуть на проблему саранчовых с принципиально иной точки зрения. Так, традиционно считается, что в пределах одного природного региона пространственно-временная динамика поселений одного вида практически одинакова.

Однако исследования популяций итальянской саранчи в Кулундинской степи в 1999–2009 гг. выявили



Один из самых обычных видов саранчовых, обитающих в степях Казахстана и на юге Западной Сибири – атбасарка (*Dociostaurus kraussi*). На переднем плане – вымытая из почвы прошлогодняя кубышка. В умеренных широтах перезимовать способны только яйца, из которых весной рождается новое поколение

Кузнечик крошечный (*Miramiola pusilla*) – редкий эндемик степей и полупустынь – встречается от знаменитого заповедника «Аскания-Нова» до сибирской Кулунды

сложную «волнообразную» картину многолетнего пространственного перераспределения максимальных и минимальных плотностей насекомых. Иными словами, даже соседние группы локальных поселений этого вида саранчи в разное время выходили из депрессии численности и достигали пика размножения.

Чем же определяется такой разный характер популяционных траекторий? Оказалось, что один из главных факторов, определяющих организацию популяций массовых (и нередко потенциально вредных) саранчовых – неоднородность природной среды. Ведь каждый участок обитания не похож на другой, более того, на каждом из них постоянно меняются такие важные для насекомых показатели, как увлажненность, характеристики почв и растительного покрова, степень антропогенного воздействия.

Другой тревожащий результат – совпадение многих районов вспышек массовых размножений саранчовых с центрами разнообразия других насекомых. И борьба с вредителями может в итоге привести к гибели редких видов.

Сведения, которыми сегодня располагают ученые, свидетельствуют о том, что в наши дни человек недооценивает проблему саранчовых и их родственников.

Необходимо продолжать многолетние исследования экологии и биогеографии популяций массовых видов, а также многовидовых сообществ. Такие данные могут служить фундаментом для проведения мониторинга, а также разработки мер по управлению популяциями, ориентированных на минимизацию экологического ущерба и поддержание биоразнообразия. Сама система управления популяциями этих насекомых должна быть направлена не на подавление массовых размножений, а на их предупреждение.

Назрела необходимость развития соответствующих приложений информационных технологий, в первую очередь географических информационных систем и систем дистанционного зондирования Земли. Именно в этом направлении возможен технологический прорыв, который обеспечит выход прогнозов на принципиально иной уровень. И это особенно важно сейчас, в условиях увеличения частоты климатических пертурбаций и интенсификации преобразующей среду деятельности человека.



#### Литература

Лачининский А. В., Сергеев М. Г., Чильдебаев М. К. и др. Саранчовые Казахстана, Средней Азии и сопредельных территорий // Международная ассоциация прикладной акридологии, Университет Вайоминга. Ларамы, 2002. 387 с.

Сергеев М. Г. Прямокрылые насекомые (Orthoptera) Северной Азии: пятьдесят лет спустя // Евразийский энтомологический журнал. 2007. Т. 6, № 2. С. 129–141 + вкладка II.

Lockwood J. A. Locust. New York: Basic Books, 2004. 294 p.  
Lockwood J. A., Latchininsky A. V., Sergeev M. G. (Eds.) Grasshoppers and grassland health: Managing grasshopper outbreaks without risking environmental disaster. Kluwer Academic Publishers, 2000. 221 p.

Samways M. J., Sergeev M. G. Orthoptera and landscape change // The bionomics of grasshoppers, katydids and their kin. CAB International, 1997. P. 147–162.

Sergeev M. G. Conservation of orthopteran biological diversity relative to landscape change in temperate Eurasia // Journ. Insect Conservation. 1998. Vol. 2, N 3/4. P. 247–252.

В публикации использованы фото автора



Фото А. Королюка (ЦСБС СО РАН, Новосибирск)

Солерос (*Salicornia* L.) – род растений семейства маревых – относится к галофитам. Произрастая на сильно засоленных субстратах (солончаках, морских побережьях, солончаковых лугах и болотах), он может вынести 17% -ную концентрацию поваренной соли. Из травы солероса можно получить соду (ее содержание в золе растения достигает 33%).

Из 35-ти известных видов солеросов в Сибири встречается только один – *Salicornia perrenans*. Это небольшое безлистное растение с толстыми и сочными стеблями, состоящими из множества отдельных члеников. Соцветия в виде плотных небольших колосков на коротких ножках располагаются на концах стеблей и ветвей.

В сибирских условиях солерос зацветает лишь во второй половине лета, а массово плодоносит в сентябре. К этому времени он меняет свою окраску с зеленой на ярко-красную и достигает максимальных размеров – почти 30 сантиметров.

Солерос можно использовать как приправу и овощ. На вкус растение явственно соленое, с «хрустящей» консистенцией и отдает йодом. Вкус и запах ассоциируются с морем, поэтому солерос особенно подходит к рыбе и морепродуктам – недаром англичане называют его морской спаржей. Солерос можно есть и сырым, но кратковременная тепловая обработка позволяет удалить из него избыточную соль