

23

В конце мелового периода, примерно 68–75 млн лет назад, в Арктике обитали динозавры. Принадлежавшие им остатки были найдены в начале 1960-х годов на Аляске, а в конце 1980-х — на Чукотке. Какой образ жизни вели древние рептилии, чем питались? Разобраться в этом помогают современные методы палеоботаники.

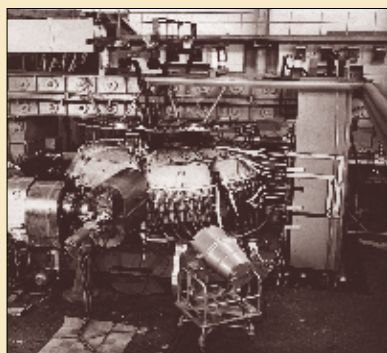
94

Город Кимры (Тверская область) — в XIX в. центр большого кожевенно-обувного района всероссийского значения, прозванный «столицей сапожного царства», знаменит и своей архитектурой. По мнению специалистов, это настоящий музей Серебряного века под открытым небом, подобного которому в Центральной России больше нет.



83

«В 1812 году войска императора Франции Наполеона перешли здесь границу старой России: 2 августа, наступая победоносно на Москву; 6 ноября, отступая после тяжкого поражения». Так гласит надпись на обелиске, установленном под Смоленском 100 лет спустя после этих судьбоносных событий и увековечившим память защитников Родины.



**Академик
Игорь Васильевич Курчатов,
110-летие со дня рождения
которого научная общественность
отметит 12 января 2013 г.,
оставил неизгладимый след
в истории России. Наша страна,
пожалуй, как никому обязана
Курчатову созданием своей
оборонной мощи и небывалым
послевоенным научно-
техническим взлетом.
Однако занимаясь оружейной
тематикой, он ратовал за
использование атомной энергии
только в мирных целях.
Ему мы обязаны созданием
Первой в мире атомной
электростанции.
При нем был заложен атомный
ледокольный флот страны.
Он стоял у истоков новаторского
направления — управляемого
термоядерного синтеза (УТС),
основанного на концепции
токамаков.**

Редакция осуществляет
продажу отдельных номеров
журнала и подписку на него

Адрес редакции: 119049,
Москва, ГСП-1,
Мароковский пер, 26.
Тел./факс: 8-499-238-43-10
www.ras.ru

Издательство «Наука»: 117997,
ГСП, Москва, В-485,
Профсоюзная ул., 90

ОАО «Типография «Новости»,
105005, Москва, ул. Ф. Энгельса, 46

Свидетельство о регистрации
№ 014399 от 26.01.1996 г.

Подписано в печать 16.10.2012.
Заказ № 2394

© Российская академия наук,
Президиум,
«Наука в России», 2012



НАУКА В РОССИИ

№ 6 (192)
2012

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОБЛЕМЫ. ПОИСК. РЕШЕНИЯ

Алексеев Л.

Иммуногенетика человека в биомедицине 4

С МЕСТА СОБЫТИЙ

Хализева М. Опыт. Компетенция. Масштаб..... 15

Полянская И., Никич Г. Политехнические уникамы 106

ТОЧКА ЗРЕНИЯ

Герман А. Арктические динозавры:

оседлые обитатели или кочевники? 23

Федотов Г., Добровольский Г.

Природа наноструктуры почв 34

ЮБИЛЯРЫ

Жизнь, созвучная эпохе..... 41

Основные вехи биографии Курчатова 43

Велихов Е. Гордость российской науки 45

Сидоренко В. Зачинатель атомной энергетики

Советского Союза 54

Сивинцев Ю. Несколько незабываемых встреч 63

Кузнецова Р., Попов В.

Научное наследие академика Курчатова 70

ГОД РОССИЙСКОЙ ИСТОРИИ

Мезенцев Е. «Ключ к Москве» 83

ВРЕМЕНА И ЛЮДИ

Базанова О. Заповедник провинциального модерна..... 94

ПАНОРАМА ПЕЧАТИ

Российский прибор «ДАН» на Марсе 12

Продукты с «фабрики генов» 31

Гарантированная безопасность плюс экономическая

эффективность..... 79

Нежданнные вселенцы 90

«Жемчужина озер»..... 103

Содержание журнала за 2012г. 110



2013!

ИММУНОГЕНЕТИКА ЧЕЛОВЕКА В БИОМЕДИЦИНЕ

Член-корреспондент РАМН Леонид АЛЕКСЕЕВ,
заместитель директора по научной работе
Института иммунологии
Федерального медико-биологического агентства РФ

Одним из крупнейших научных достижений на рубеже XX-XXI вв. стала расшифровка генома человека. В качестве новой задачи на пути практического использования полученных знаний декларируется расшифровка функций белковых продуктов конкретных генов. Отражением этого, в частности, стало появление широко используемого в настоящее время термина «постгеномные технологии» — в большинстве случаев под ним понимается изучение функций генома, реализуемых через белки, кодируемые теми или иными генами.

В то же время необходимо отметить, что в геноме есть структура, исследование протеомики* которой было первичным по отношению к геномике. Этой структурой является так называемый главный комплекс генов тканевой совместимости (МНС — от Major Histocompatibility Complex) — у человека он носит название система HLA (от Human Leukocyte Antigens). Первый ее белковый продукт был открыт в 1956 г. французским иммунологом Жаном Доссе (нобелевский лауреат 1980 г.). В 1970-х годах рассматривался вопрос о целесообразности ее переименования в «систему генов иммунного ответа». Однако было решено не менять термин, подразумевая при этом, что в действительности речь идет именно о генах иммунного ответа и их продуктах — HLA, антигенах.

Международное сообщество иммуногенетиков, организованное в 1960-х годах, в настоящее время

объединяет десятки тысяч исследователей из различных стран мира*, сотрудничающих в рамках выполнения международных четырехлетних программ — они реализуются под руководством оргкомитетов рабочих совещаний и конференций по изучению генетики иммунного ответа.

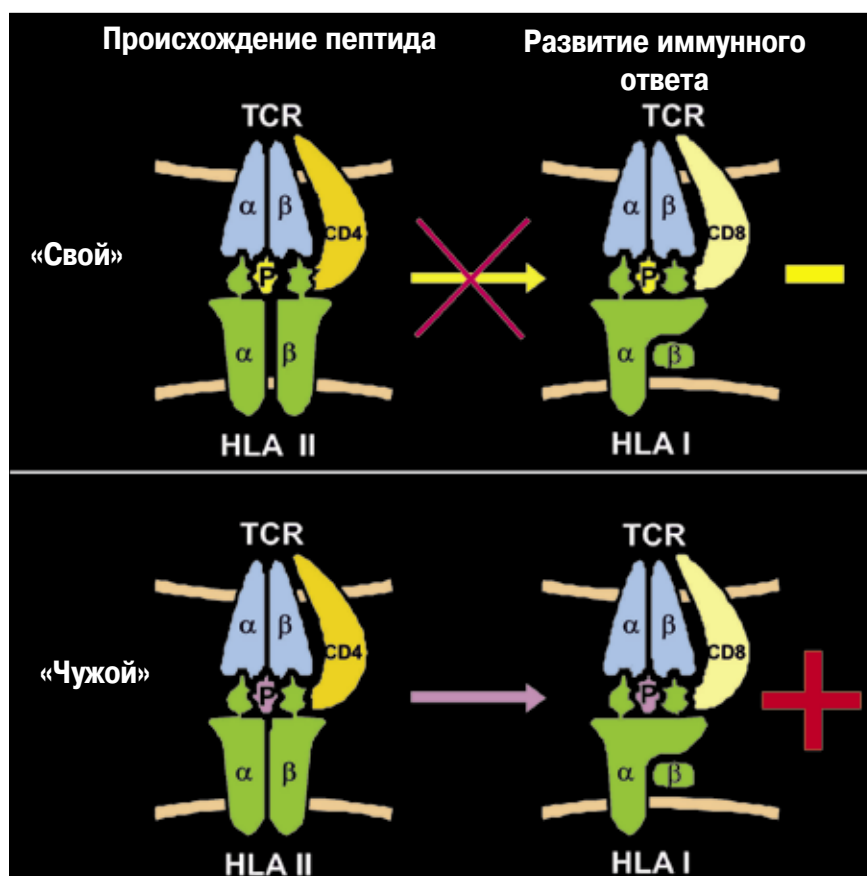
В 1960–1980-х годах внимание исследователей было сфокусировано на изучении белковых продуктов генов HLA — HLA-антигенов. В то время еще отсутствовали технические возможности исследовать сам HLA-геном с помощью молекулярно-генетических методов.

Первоначальной целью иммуногенетического сообщества было решение проблемы селекции тканесовместимых пар донор-реципиент для нужд трансплантации органов и тканей. Однако достаточно скоро стало ясно, что биологическая роль антигенов HLA

*Протеомика — направление молекулярной биологии, занимающееся сравнительным изучением клеточных протеомов, т.е. наборов белков клетки в данной фазе ее развития в определенный момент времени (прим. ред.).

*В Европе функционирует Европейская федерация иммуногенетиков (EFI), в США — Американское общество по изучению тканевой совместимости и иммуногенетики (ASHI), в Азии-Океании — Общество по изучению тканевой совместимости стран Азии и Океании (ASEATTA) (прим. авт.).

HLA-молекулы и иммунный ответ.
 На рисунке представлен этап распознавания пептида молекулами HLA класса II, а также эффекторный этап, обеспечиваемый HLA-молекулой класса I. Ответ на пептид развивается только в том случае, если он представлен собственной HLA-молекулой организма.



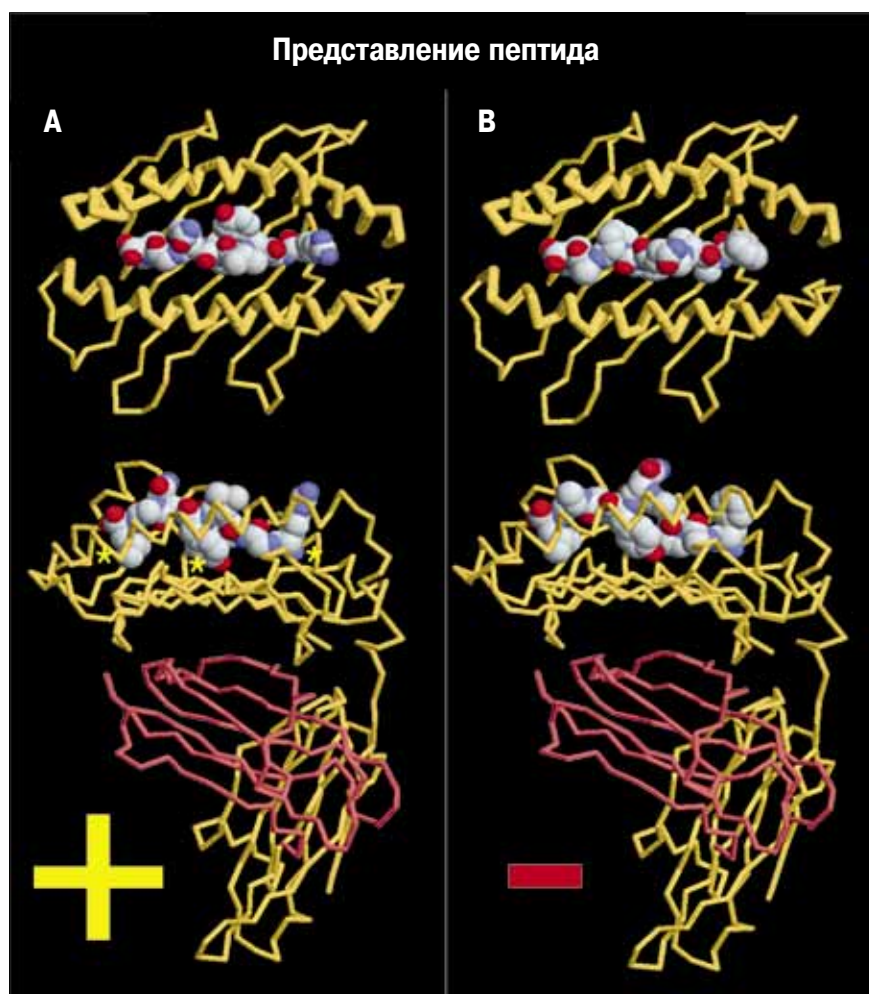
значительно шире и по сути они выполняют в организме целый ряд физиологических функций, не связанных напрямую с иммунным ответом. В частности, обеспечивают физиологическое взаимодействие всех ядросодержащих клеток организма человека, т.е. само его существование. А в основе этого взаимодействия лежит идентичность HLA-антигенов, экспрессированных на взаимодействующих клетках одного организма.

Одновременно с этим HLA-антигены обеспечивают распознавание и уничтожение всех агентов, несущих отпечаток чужеродной генетической информации в виде чужеродных белковых продуктов. Это касается клеток, несущих чужеродные HLA-антигены, включая собственные перерожденные, в том числе раковые клетки. Именно в «догеномный» период изучения HLA (1960–1985 гг.) были выполнены фундаментальные базовые исследования, посвященные биологической роли HLA-антигенов. Благодаря работам швейцарского иммунолога Рольфа Цинкернагеля и его австралийского коллеги Питера Дозрти (нобелевские лауреаты 1996 г.) был установлен феномен «двойного распознавания» чужеродных иммуногенных пептидов. Суть его в том, что такой пептид — инициатор иммунного ответа — распознается Т-клеточным* рецептором (TCR), запускающим иммунный ответ на

чужеродный пептид только в том случае, если он представлен данному рецептору собственной молекулой HLA. Исключением является ситуация, когда пептид представляется чужеродными молекулами HLA, полностью идентичными собственным. Следует также отметить, что в том случае, если любой чужеродный иммуногенный пептид представляется TCR чужеродной HLA-молекулой, иммунный ответ будет развиваться не против этого пептида, а против чужеродной HLA-молекулы как наиболее сильного из известных на сегодняшний день иммуногенов.

В этот же период, благодаря работам Памелы Бьеркман (США), основанных на использовании кристаллографии, были установлены тонкие механизмы взаимодействия иммунодоминантного пептида и представляющей его молекулы HLA. В итоге удалось выявить принципы реализации генетического контроля иммунного ответа. Они состоят в следующем: для развития такого ответа на тот или иной иммунодоминантный пептид в антиген-связывающей области (бороздке) молекулы должны иметься специфичные для данного пептида участки связывания. В случае их отсутствия иммунный ответ не развивается. Это относится как к реагированию на безвредный инфекционный агент, так и на вакцину, созданную для профилактики данного заболевания. Именно такой феномен лежит в основе генетического контроля иммунного ответа и объясняет его специфичность. При этом

*Т-клетки — центральное звено Т-клеточного иммунного ответа; контролируют его силу и продолжительность (прим. ред.).



Представление иммунодоминантных пептидов вариантами молекул HLA (кристаллограмма). В группе А отражена ситуация, где в антиген-представляющей бороздке имеются сайты для связывания пептида (обозначены звездочками); в группе В такие сайты отсутствуют.

стала понятной причина генетически обусловленной «неотвечаемости» на инфекционные и иные чужеродные агенты. Однако оставалось неясным, возможно ли, и если да — то каким образом преодолеть такого рода «дефект».

Решение этой проблемы нашли отечественные исследователи академики РАН и РАМН Рэм Петров и Рахим Хаитов, открывшие принципиально новый подход к преодолению иммуногенетической «неотвечаемости». Разработанный ими метод «Фенотипическая коррекция иммунного ответа»^{*} стал основой для появления наиболее перспективного в настоящее время направления в вакцинологии. Авторы добились превращения фенотипически низкореагирующих на данный антиген (инфекцию) особей в высокореагирующие, модифицируя молекулу антигена иммуномодуляторами. Основу такого превращения составляет дополнительное вовлечение в иммунный ответ новых сайтов генов, участвующих в развитии иммунного ответа на данный антиген. Этот подход открывает большие возможности использования нанотехноло-

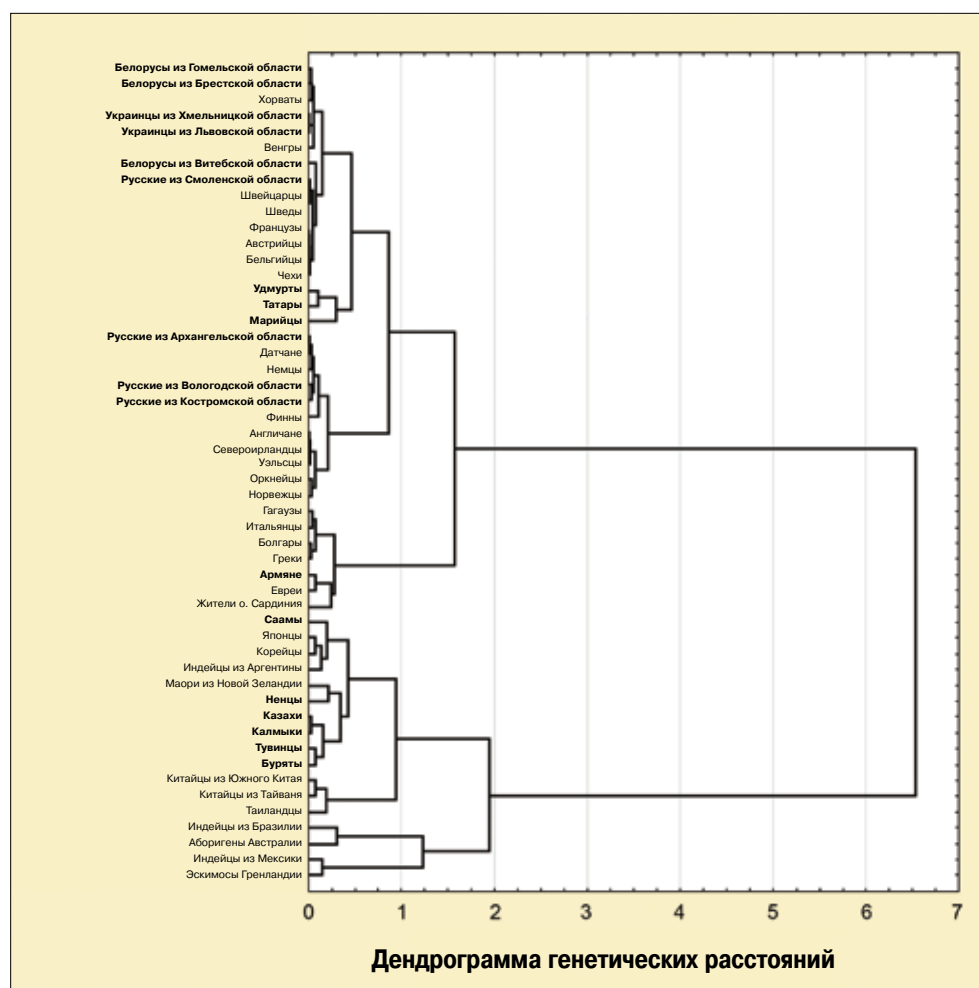
гий в области направленной генетической «реконструкции» иммунного ответа^{*}.

Важнейшей физиологической функцией генов иммунного ответа является репродукция, т.е. воспроизведение потомства. Это относится ко всем биологическим видам. Дело в том, что для развития нормально протекающей беременности и появления здорового потомства с полноценной иммунной системой необходимо соблюдение важного условия: родители должны быть несовместимы по генам иммунного ответа. Именно эта ситуация обеспечивает поддержание иммуногенетического разнообразия *Homo sapiens*, как и других видов животного мира, поскольку наследование HLA-генов осуществляется по кодоминантному типу, когда ребенок «берет» себе строго по половине (HLA-гаплотип) от полного HLA-набора (генотипа) каждого родителя. А в случае наличия у отца и матери общих HLA-антигенов (например, при родственных браках) может происходить снижение уровня полиморфизма (появление так называемых HLA-гомозиготных генотипов,

^{*}См.: Р. Петров, Р. Хаитов. Генетика иммунитета и вакцины будущего. — Наука в СССР, 1981, № 5; Р. Хаитов. Предмет исследования — иммунная система. — Наука в России, 2004, № 1 (прим. ред.).

^{*}За сорокалетний цикл фундаментальных и прикладных работ в области иммунологии академики РАН и РАМН Р. Петров и Р. Хаитов удостоены Государственной премии РФ в области науки и технологий за 2011 г. (прим. ред.).

Дендрограмма отражает сходство и различие распределения генов иммунного ответа в различных этнических группах, в том числе населяющих Россию и ближнее зарубежье. Жирным шрифтом выделены группы, обследованные сотрудниками Института иммунологии.



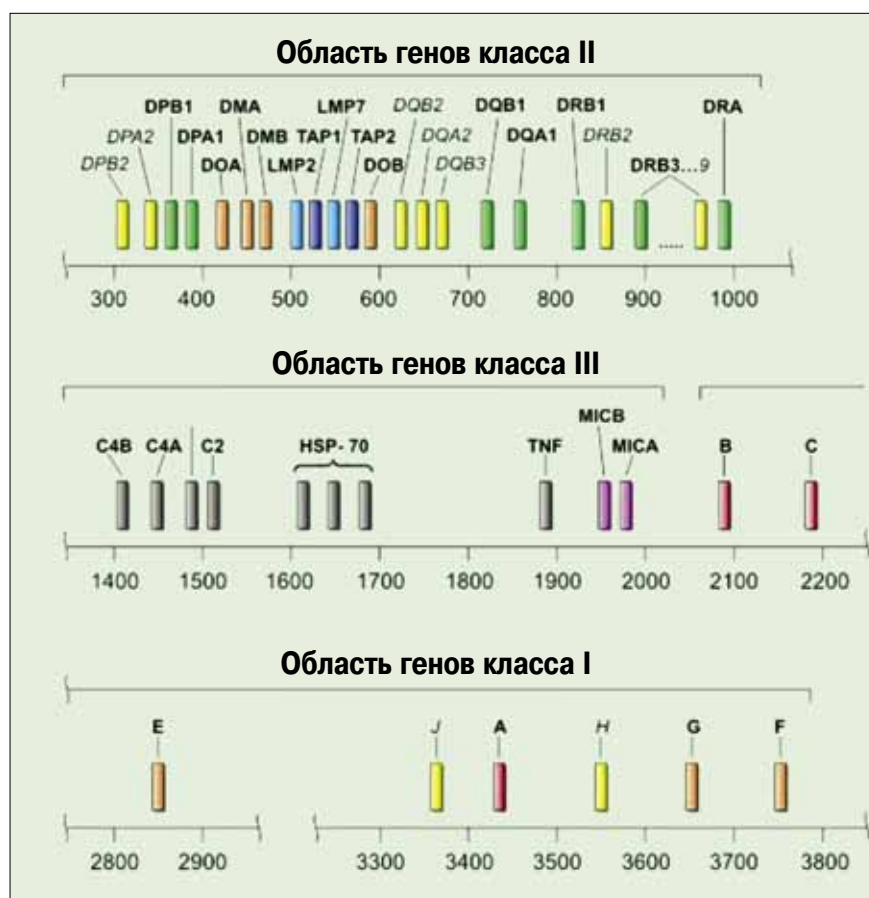
содержащих удвоенный набор одних и тех же генов), что повышает вероятность отсутствия адекватного защитного ответа у их ребенка на конкретные болезнетворные агенты. В тот же период времени (1970–1980-е годы) было выяснено, что HLA-совместимость супругов значительно повышает вероятность развития целого ряда нарушений в области репродукции (таких как идеопатическое бесплодие, привычная невынашиваемость, тяжелые токсикозы беременности и др.). Принципы профилактики этих осложнений беременности были разработаны в нашей стране в 1980-е годы. Однако результат такого рода вмешательства — практически 100%-ная вероятность появления HLA-гомозиготного потомства, в котором, как указывалось, повышен риск отсутствия иммунного ответа на целый ряд инфекционных агентов. Помимо этого среди HLA-гомозигот высока вероятность онкологических и аутоиммунных заболеваний*, что, естественно, связано с нарушением иммунного распознавания. При онкопатологиях речь идет о нарушении распознавания собственных измененных клеток. В случае аутоиммунных заболева-

ний — собственных неизменных клеток за счет наличия в генотипе больных антигенов общих с антигенами возбудителей ранее перенесенных заболеваний. Таким образом, для родителей с указанными репродуктивными проблемами, в генотипе которых имеются общие HLA-антигены, существует выбор: отказ от общего ребенка или использование иммунотерапии — она, возможно, позволит иметь ребенка без заведомо сниженной иммунологической защиты.

В 1970-х годах получило свое развитие еще одно направление иммуногенетики — «HLA и болезни». Было установлено: с конкретными HLA-антигенами ассоциирована предрасположенность или, напротив, устойчивость к конкретным патологиям. Наиболее выраженной оказалась ассоциация с аутоиммунными заболеваниями, в том числе социально-значимыми, такими как сахарный диабет I типа, системная красная волчанка и анкилозирующий спондилит. Выяснилось также, что такого рода ассоциации обнаруживаются между HLA и определенными формами инфекционных, онкологических заболеваний.

Одновременно с этим проведение масштабных международных исследований по теме «HLA и болезни» стало основой нового направления, получившего

*Аутоиммунные заболевания — группа болезней, при которых происходит разрушение органов и тканей организма под действием собственной иммунной системы (прим. ред.).



Строение системы HLA.

название «HLA и антропология». Было установлено, что степень выраженности ассоциаций конкретных HLA- антигенов с заболеваниями заметно варьирует в зависимости от расовой и/или этнической принадлежности обследуемой группы.

Эти данные послужили основанием для развертывания широких международных сравнительных исследований по изучению особенностей HLA-полиморфизма в отдельных этнических группах, проживающих в различных регионах мира. Первые результаты этих обследований были обобщены на XI Международном рабочем совещании и конференции по изучению HLA (г. Йокогама, Япония, 1991 г.). В их работе участвовали более 3000 ученых, представлявших свыше 2000 научных коллективов. Исследователям из Института иммунологии (Москва) была вручена медаль за наибольший вклад в развитие приоритетного в программе форума направления «HLA и антропология».

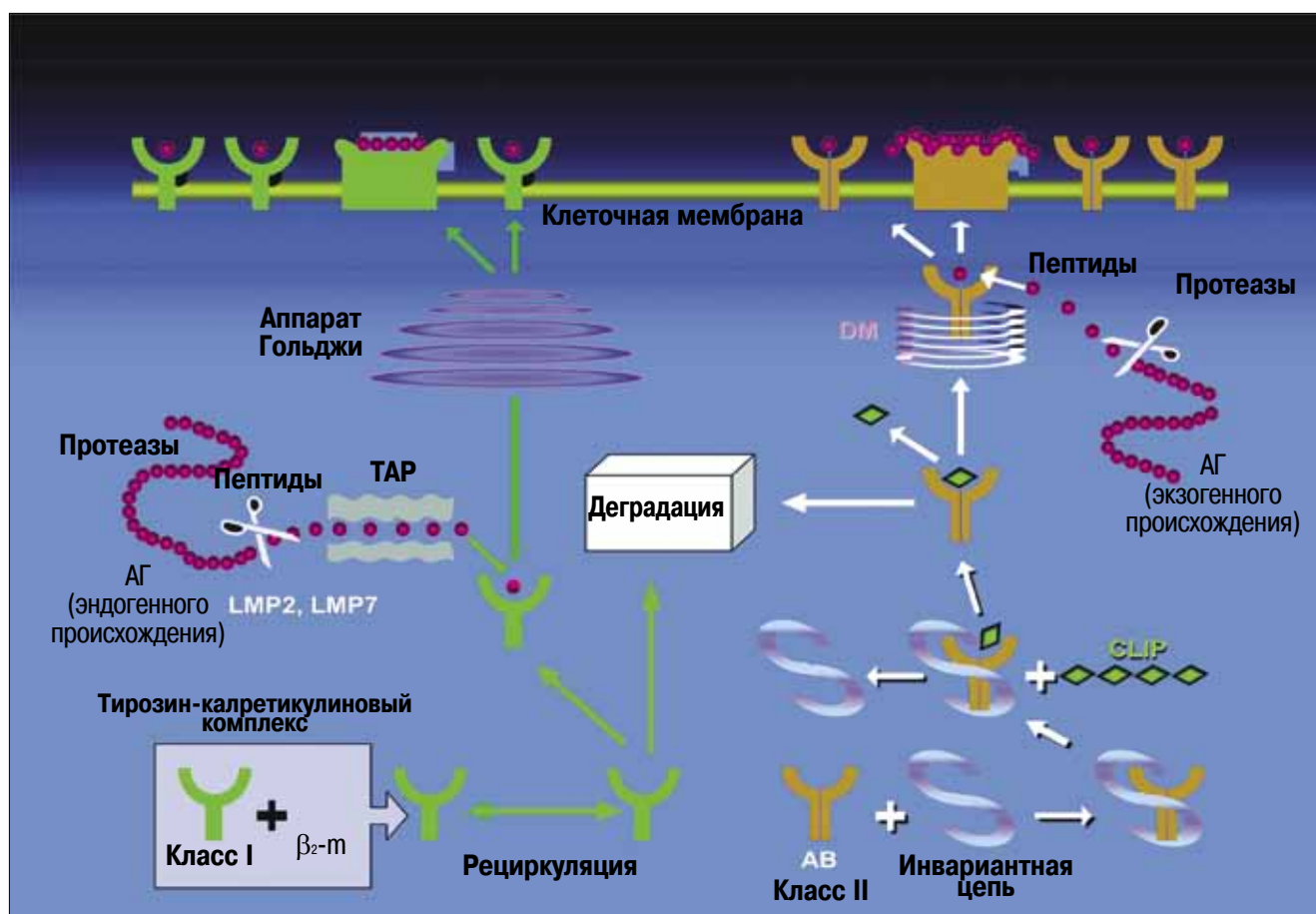
Развитие данного направления к сегодняшнему дню позволило наиболее полно установить взаимосвязь между отдельными популяциями и этническими группами, населяющими различные регионы мира. Использование для этих целей именно HLA-полиморфизма определяется, в первую очередь, тем, что данная генетическая система наиболее разнообразна и, соответственно, наиболее информативна. Одновременно с этим открываются принципиально новые возможно-

сти оценки перспектив международного обмена трансплантатами органов и тканей (в первую очередь кроветворными стволовыми клетками — КСК).

Примечательно, что XI Международное рабочее совещание стало первым научным форумом, на котором были представлены данные, полученные в разных странах при проведении исследований с использованием не только протеомного, но и геномного анализа. В этой части работ также принимал активное участие Институт иммунологии. Здесь следует упомянуть, что геномный анализ системы HLA стал возможным благодаря тому, что в 1985 г. американский биохимик Керри Мюллис (нобелевский лауреат 1993 г.) создал доступный для проведения широкомасштабных молекулярно-генетических исследований метод полимеразной цепной реакции (ПЦР).

Переход с протеомных на молекулярно-генетические методы изучения системы HLA, в том числе в рамках указанной международной программы, привел к прорыву практически во всех направлениях исследований иммуногенетики человека. При этом большинство этих достижений оказались взаимосвязанными. Так, количество типизируемых HLA-специфичностей возросло к настоящему времени со 138 белковых антигенов до < 7000 аллельных вариантов HLA-генов.

Указанные гены организованы в 3 основных класса. Класс I включает гены A, B, C, E, F, G (обозначение



К генам, контролирующим процессинг и презентацию иммунодоминантных пептидов, относятся HLA-TAP и LMP, ответственные за функцию молекул HLA класса I, HLA-CLIP и -DM, ответственные за функцию молекул HLA класса II.

отражает последовательность установления), обеспечивающие развитие эффекторного звена иммунитета и участвующие в репродуктивной функции. В области генов класса II картированы так называемые «неклассические» гены LMP, TAP, DM, CLIP и др., ответственные за выделение из антигена иммунодоминантного пептида и его «доставку» к соответствующим пептид-связывающим участкам молекулы HLA. В области генов класса III локализованы гены C3, ответственные за функцию комплемента, а также TNF, кодирующие белки фактора некроза опухолей, HSP, кодирующие белки теплового шока и др. Эти гены объединены сходной функцией — обеспечением «неспецифической» защиты организма от чужеродных агентов (без стадии распознавания генетически чужеродных агентов).

Вполне естественно, что молекулярно-генетическое типирование первое практическое применение нашло в клинической трансплантологии. Отметим, в 1980-х годах подбор тканесовместимых пар донор-реципиент мог быть относительно эффективен лишь при пере-

садках органов. Однако в настоящее время HLA-типирование на основе молекулярно-генетических методов позволяет в 80% случаев подбирать тканесовместимый костный мозг, а точнее — КСК для больных из стран, участвующих в системе международного обмена таким материалом. К сожалению, Россия не принимает полноценного участия в этом процессе отнюдь не из-за медико-биологических, а организационно-правовых аспектов. А ведь международное сотрудничество — необходимое условие развития клинической трансплантации КСК, что связано с чрезвычайно высоким уровнем разнообразия генов HLA. Достаточно сказать, что вероятность их совпадения на уровне, необходимом для пересадки КСК двум случайно взятым неродственным лицам, составляет в среднем 1:1 млн. Что касается родственных доноров, то пары родители-дети практически всегда несовместимы. Сибсы (братья-сестры) совместимы лишь в 25% случаев. Для России, как и для большинства европейских стран и США, где практически отсутствуют многодетные семьи, родственные трансплантации КСК малоперспективны.

Эффективный централизованный международный обмен КСК стал возможен лишь при создании Всемирной ассоциации доноров-добровольцев, объе-



Межпопуляционные различия в генетически обусловленной частоте случаев невосприимчивости к ВИЧ на территории России и сопредельных стран.

диняющей к настоящему времени более 17 млн человек, готовых безвозмездно предоставить КСК неизвестным им больным из разных частей света.

Как уже говорилось, система HLA наиболее полиморфна среди других генетических систем человека. Существует достаточно обоснованное мнение, что именно это обстоятельство обеспечило наибольшую выживаемость человека как вида — ее ярко демонстрирует многовековая история борьбы с инфекциями. Именно иммунная система должна распознавать любые, в том числе новые, болезнетворные агенты и обеспечивать формирование адекватного ответа на них. Это установлено благодаря протеомным и молекулярно-генетическим исследованиям двух последних десятилетий, когда стало ясно: иммунная функция HLA-генов и их продуктов отнюдь не ограничивается обеспечением представления иммунодоминантных пептидов Т-клеточным рецепторам с последующим запуском иммунного ответа. В действительности именно система HLA с помощью системы так называемых неклассических молекул HLA обеспечивает все этапы «выделения» иммунодоминантных пептидов из чужеродных молекул и клеток (включая бактериаль-

ные) и доставку этих пептидов антиген-представляющим структурам молекул HLA, которые лишь после связывания пептидов с соответствующими сайтами могут экспрессироваться на поверхности клеток и полноценно участвовать в иммунном ответе. Нарушение функций «неклассических» генов и их продуктов ведет к развитию тяжелых форм иммунологической недостаточности, включая инфекционные, онкологические и аутоиммунные заболевания.

Разумеется, отдельно взятый организм не в состоянии обладать столь высоким уровнем генетического разнообразия, способным обеспечить присутствие в антиген-распознающей бороздке сайтов для любого вновь появившегося болезнетворного агента. Однако такая задача решается на популяционном уровне, где комбинации распознающих сайтов среди отдельных представителей тех или иных этнических групп отличаются крайне выраженным разнообразием. Более того, одним из важнейших достижений биомедицинской науки последних лет, явившимся результатом реализации программы «Геном человека», стало формирование представлений о роли генетического полиморфизма на уровне одиночных нуклеотидных замен

(SNP — Single Nucleotide Polymorphism). Было установлено: происходящие на этом уровне определенные мутации (в первую очередь, биологически выгодные для организма) закрепляются в геноме человека и становятся вариантами исходного гена, обеспечивая его полиморфизм.

Наиболее яркий пример SNP демонстрирует система HLA, включающая, как уже говорилось, свыше 7 000 аллельных вариантов генов, «закрепившихся» в геноме в силу той или иной биологической целесообразности. Следует отметить, что значительная часть SNP-вариантов одного и того же гена выполняет отличные или даже противоположные от основного (дикого) гена функции. В целом же процесс формирования полиморфизма на уровне одиночных нуклеотидных замен в системе HLA — самое наглядное проявление позитивной биологической роли мутационного процесса, в результате чего появляются и закрепляются новые аллельные варианты генов иммунного ответа. Именно это обеспечивает выживание человека как вида в условиях агрессивной окружающей среды, что подтверждают данные о формировании современных HLA-профилей* населения различных регионов мира.

Так, классическим иммуногенетическим маркером европеоидов является гаплотип HLA-A1-B8-DR3, встречающийся у них гораздо чаще, чем у представителей других рас. Изучая его, британский ученый Вальтер Бодмер в 1970-х годах выдвинул гипотезу, согласно которой это превышение связано с тем, что у носителей данного гаплотипа имелось преимущество в выживании в условиях античных и средневековых пандемий. В дальнейшем эту точку зрения поддержал основатель иммуногенетики Жан Доссе.

В 1980-х годах сотрудники нашего института провели серию работ и установили, что наличие данного гаплотипа и входящих в него антигенов ассоциировано с показателями иммунитета, которые в настоящее время отнесены к основным эффекторам врожденного иммунитета (активность естественных клеток-киллеров, фагоцитоз и др.). Врожденный иммунитет выполняет важнейшую роль первого уровня защиты от чужеродных агрессивных агентов, тем самым обеспечивая защиту организма от болезнетворных вирусов, бактерий и злокачественно перерожденных клеток. Встреча коренного населения Америки с европейцами во время освоения последними континента закончилась для аборигенов трагически, так как уровень распространения указанных HLA-гаплотипов и соответственно уровень врожденного иммунитета у них были (да и остаются) чрезвычайно низкими и не обеспечили эффективной защиты против привезенных инфекционных агентов.

Отметим, что относящееся к европеоидной расе население Земли расплачивается по настоящее время за высокий уровень наличия данного гаплотипа, ассоциированного с предрасположенностью к заболеваниям аутоиммунного генеза, включая сахарный диабет I типа и ряд других эндокринных патологий.

Примечательно, что в большинстве стран мира с населением, принадлежащим монголоидной расе (ориенты) аутоиммунные патологии составляют малый процент в структуре заболеваемости. Практически единственное исключение — Узбекистан, занимающий первое место в мире по числу случаев сахарного диабета I типа. И только в этой этнической группе ориентов частота встречаемости гаплотипа HLA-A1-B8-DR3 приближается к таковой у европеоидов.

Приведенные примеры основаны на историческом опыте человечества, однако подобные механизмы могут играть роль и в настоящее время. Это относится, в частности, к «чуме» XX и XXI вв. — СПИДу. Дело в том, что его вирус поражает клетки иммунной системы, несущие рецептор CD4+ (характерный для субпопуляции иммунокомпетентных клеток — Т-хелперов, принимающих непосредственное участие в инициации и контроле иммунного ответа). Этот рецептор служит «воротами», через которые ВИЧ попадает в иммунную систему человека. Но в этом процессе обязательно участвует еще один рецептор — CCR5, контролируемый генами иммунного ответа, не относящимися к HLA. Среди аллельных вариантов, возникших в результате его мутации, есть и CCR5delta32. В отличие от основного гена он не связывается с ВИЧ и тем самым блокирует его проникновение в клетку, предохраняя организм от развития заболевания. Правда, следует принять во внимание, что этот процесс имеет место только в случае, если данный рецептор является продуктом гомозиготного варианта CCR5delta32. В случае его присутствия в гетерозиготной форме, т.е. на одной хромосоме, заболевание может развиваться, хотя и протекает в менее агрессивной форме.

Сотрудники Института иммунологии изучили частоту этих вариантов на массиве около 1000 «здоровых» людей, относящихся к 10 этническим группам, принадлежащим 2 расам (европеоиды и ориенты) и проживающим на территории России и бывших республик СССР. Наиболее часто гомозиготность по CCR5delta32 встречается на северо-западе европейской части России, число их снижается по направлению к юго-востоку.

Эти данные подтверждают представление о том, что и в наше время агрессивные факторы окружающей среды могут участвовать в формировании межпопуляционных различий в иммуногеноме человека. К настоящему времени они подтверждаются не только на уровне воздействия инфекционных агентов, но и таких неблагоприятных факторов, как радиация.

В заключение отметим, что система генов иммунного ответа сама по себе стоит на страже своего разнообразия, не допуская (во всяком случае в животном мире) появления гомозигот по указанным генам иммунного ответа. Этим обеспечивается биологическое преимущество гетерозигот, имеющих, в частности, значительно меньший шанс по сравнению с гомозиготными в развитии практически всех социально-значимых заболеваний человека.

*HLA-профили — частоты встречаемости HLA-антигенов (или генов) той или иной популяции (прим. авт.).

РОССИЙСКИЙ ПРИБОР «ДАН» НА МАРСЕ

В августе 2012 г. американская научно-исследовательская автоматическая станция MSL (Mars Science Laboratory), преодолевшая за 9 месяцев 560 млн км, совершила успешную посадку на Красную планету, доставив в кратер Гейла управляемый самоходный аппарат НАСА «Curiosity» («Любопытство»).

«Еще несколько лет назад мы не могли и мечтать о том, чтобы добраться туда, — заметил руководитель программы Даг МакКюстен, — но теперь перед нами откроются возможности для невероятных открытий». По мнению специалистов, кратер, возраст которого свыше 3,5 млрд лет, — оптимальное место для проверки гипотезы о возможности существования на раннем или современном этапе развития Марса примитивных форм жизни, в чем и состоит основная цель MSL.

Поверхность планеты покрыта пылью, принесенной глобальными бурями. Чтобы найти наиболее интересный район для детальных исследований состава по-

верхности, нужно «заглянуть» сквозь частицы мелких твердых тел. Эту задачу должен решить российский прибор ДАН (динамическое альбе^{*}до нейтронов), разработанный в Институте космических исследований РАН (ИКИ РАН) под руководством доктора физико-математических наук Игоря Митрофанова^{**}. О его миссии в составе «Curiosity» сообщили в пресс-службе научного центра.

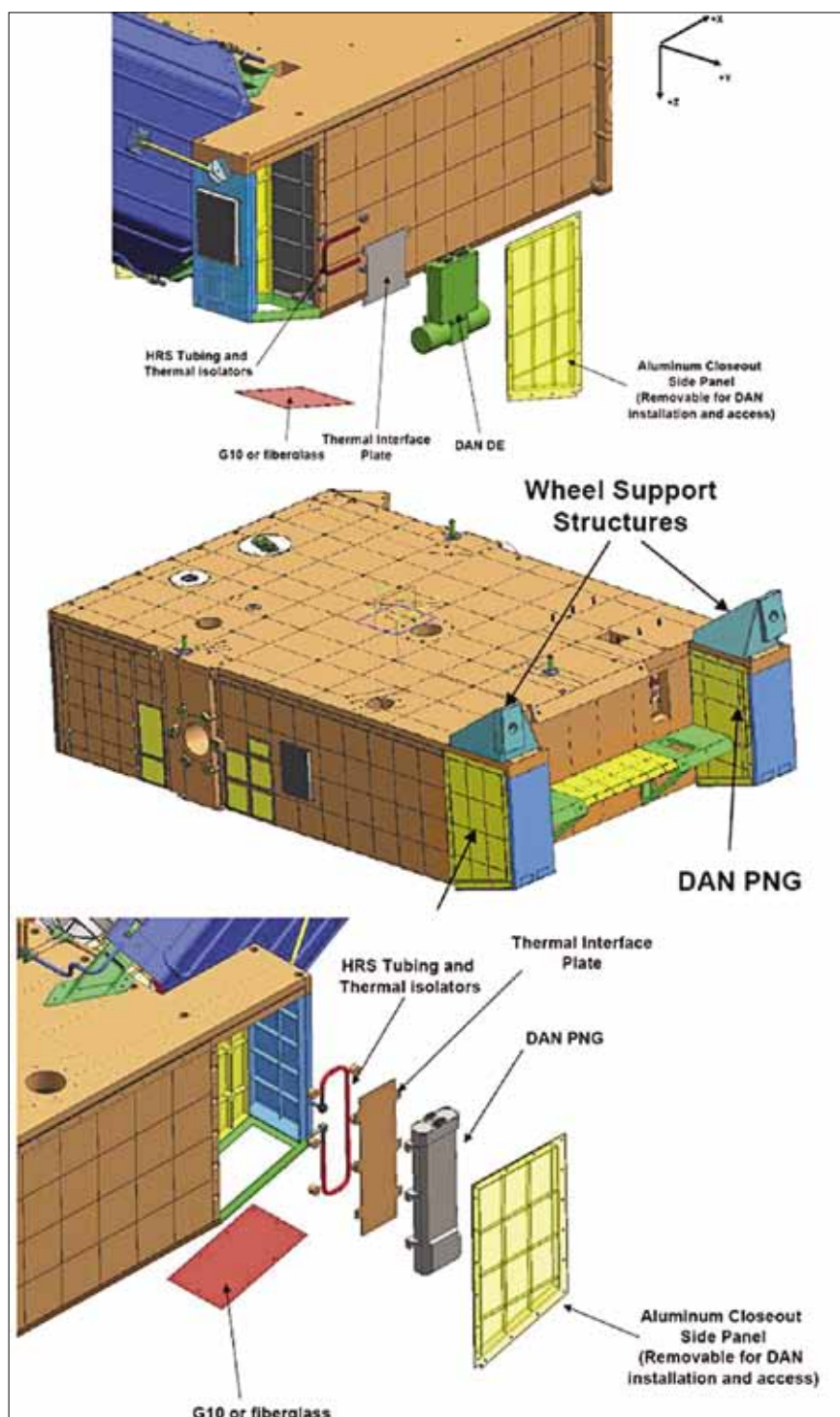
ДАН будет периодически излучать мощные импульсы нейтронов, которые «просветят» Марс до глубины ~1 м. Свойства отраженного поверхностью потока частиц должны зависеть от присутствия в веществе водорода, входящего в состав молекул воды — наиболее благоприятной среды для возникновения и поддер-

^{*}Альбе^{до} (от лат. albus — белый) — характеристика отражательной (рассеивающей) способности поверхности материала (*прим. ред.*).

^{**}См.: И. Митрофанов. Разгадывая марсианские тайны. — Наука в России, 2002, № 6 (*прим. ред.*).



**Комплекс ДАН, состоящий из блока детекторов
и импульсного нейтронного генератора.**



**Размещение прибора ДАН
на борту марсохода.**

жания жизни. По данным «нейтронографии», отметили в пресс-службе, исследователи смогут оценить ее содержание в материале и разведать районы с наибольшим уровнем концентрации живительной влаги в минералах.

Еще 17 марта 2012 г. на межпланетной орбите полета к Марсу, когда MSL находилась на расстоянии ~62 млн км

от Земли, произошло первое включение российского прибора, функционировавшего в течение часа без замечаний. Теперь ему предстоит выполнить важную миссию на Марсе.

Как сообщили в пресс-центре, передачу информации с борта «Curiosity» на Землю будет осуществлять орбитальный спутник «Mars Odyssey» (НАСА), свыше



**Первая цветная панорама,
сделанная камерой «Curiosity» 8 августа 2012 г.
Фото НАСА.**



**Одна из первых фотографий поверхности Марса,
переданная «Curiosity». Фото НАСА.**

10 лет исследующий Красную планету. Заметим, на нем установлен нейтронный детектор ХЕНД, созданный в той же лаборатории космической гамма-спектроскопии ИКИ РАН. Именно он в кооперации с американскими приборами GRS и NS установил, что под пыльной поверхностью Марса находятся огромные пласты водяного льда. В основе ДАНа лежит научный, технический и технологический задел этого проекта.

В создании нового российского комплекса, подчеркнули в пресс-центре, вместе с ИКИ РАН участвовали также их московские коллеги из Всероссийского научно-исследовательского института автоматики им. Н.Л. Духова (блок нейтронного генератора), Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН (математическая модель механической конструкции прибора, испытательная база в соответствии с требованиями НАСА), Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН (моделирование геологической обстановки на трассе марсохода для оптимизации конструкции прибора и обработки научных данных) и подмосковного Объединенного института ядерных исследований*

*См.: А. Сисакян. Мировая слава Дубны. — Наука в России, 2006, № 2 (прим. ред.).

(математическое моделирование счетных характеристик прибора, участие в разработке его физической схемы).

Уже через несколько дней после посадки «Curiosity» передал на Землю сначала черно-белые фотографии Марса с места посадки, а затем и первую 360-градусную цветную панораму кратера Гейла. Двухмегапиксельные камеры «Mastcam» сделали снимок каменистой поверхности вокруг кратера и горы в его центре, которую «любопытная» техника будет изучать в ближайшие месяцы.

Специалисты предполагают, что мобильный посадочный аппарат проработает на Красной планете один марсианский год — 686 дней.

*По материалам пресс-службы
Института космических исследований РАН*

Иллюстрации с сайта ИКИ РАН

Материал подготовила Марина ХАЛИЗЕВА

ОПЫТ. КОМПЕТЕНЦИЯ. МАСШТАБ

Марина ХАЛИЗЕВА, журналист

В июне 2012 г. в Большом выставочном зале «Гостиный двор», расположенном в деловом квартале между Красной и Старой площадью столицы, прошел IV Международный форум «Атомэкспо». Государственная корпорация «Росатом» — организатор мероприятия — собрала на престижной площадке свыше 2 тыс. участников, представлявших около 500 компаний из 53 стран, чтобы анонсировать стратегию развития и ключевые приоритеты отрасли, а также продемонстрировать новые направления и возможности зарубежным партнерам.

ЖИЗНЬ ПОСЛЕ «ФУКУСИМЫ»

Основной темой нынешней встречи стала ситуация в атомной энергетике планеты спустя год после техногенной катастрофы, произошедшей весной 2011 г. на одной из 25 крупнейших атомных электростанций мира «Фукусима-1» (Япония). Из-за цунами, высота которого оказалась в 3 раза выше прогнозов, из строя вышла система охлаждения АЭС, что привело к расплавлению активных зон трех из шести легководных кипящих реакторов и утечке радиации в атмосферу и морскую воду. Из опасного региона было эвакуировано 140 тыс. человек. Ряд районов по причине высокого уровня заражения стали непригодными для жилья. По признанию специалистов, на ликвидацию аварии, в том числе демонтаж реакторов, уйдет не менее 40 лет.

Страны, начинающие ядерные программы (например, Таиланд), сразу после японской трагедии отложили эти планы, Италия и Германия их вовсе отменили, однако значительная часть государств (около 130, в том числе Вьетнам, Турция, Бангладеш, Беларусь) подтвердила свой курс на строительство новых

АЭС, считая выгодными инвестиции в энерготехнологии. Они и составили большую часть зарубежных участников форума.

Главной дискуссионной площадкой для обсуждения будущего отрасли стала пленарная сессия с участием ключевых фигур мировой атомной индустрии: президента и главного исполнительного директора «Areva» Люка Урселя (Франция), министров энергетики ЮАР Элизабет Дипу Петерс и Беларуси Александра Озерца, первого заместителя министра энергетики и природных ресурсов Турции Метина Килджи, президентов «Rolls-Royce Nuclear» Лори Хейнса (Великобритания) и Японского атомного промышленного форума Такуя Хаттори, председателя совета директоров «Uranium One» Йена Телфера (Канада), исполнительного вице-президента «Fortum» Матти Руотсала (Финляндия). Признав снижение уровня доверия населения к атомной энергетике после аварии на «Фукусиме», тем не менее участники сессии отметили: критической границы этот показатель не достиг, и развитие мирного атома будет идти по нарастающей. Только за прошедший год в энергетиче-



**На пленарной сессии
IV Международного форума
«Атомэкспо».**

скую сеть мира было включено 10 новых энергоблоков, 5 атомных станций начали строить уже после аварии. При этом Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) полагает, что к 2030 г. их количество вырастет до 350. А представитель Японии Такуя Хаттори подтвердил: и в его стране невозможен полный отказ от использования энергии атома, «люди в целом понимают ее огромные возможности».

Однако другой участник дискуссии директор Института безопасного развития атомной энергетики РАН член-корреспондент Леонид Большов утверждал: атомная энергетика сможет играть важную роль в энергобалансе стран, если АЭС будут отвечать критерию надежности, безопасности, причем «научно обоснованной, доказанной со всеми мельчайшими подробностями». Именно эту проблему поставили во

главу угла крупнейшие мировые производители электрической и тепловой энергии на АЭС, в том числе и наш «Росэнергоатом», объединяющий 10 станций на территории России. Трагедия на «Фукусиме» подстегнула модернизацию систем их безопасности, причем в объемах, ранее не планируемых. В частности, концерн разработал и ввел в эксплуатацию схемы, позволяющие при необходимости без особых трудностей подключать к основной системе охлаждения реактора дополнительные передвижные дизель-генераторные и насосные установки, использовать природные и вновь вводимые резервные источники воды, поставил усовершенствованное аварийное энергоснабжение блоков и задействовал новые средства сейсмической защиты, автоматически останавливающие реактор при землетрясении. Принятые меры привели к много-

**Президент
IV Международного форума
«Атомэкспо»,
директор Института
безопасного развития
атомной энергии РАН
член-корреспондент РАН
Леонид Большов.**



кратному снижению вероятности тяжелого повреждения активной зоны, повышению «живучести» и автономности АЭС до 5–10 суток. Потраченные в прошлом году на модернизацию 1189,4 млн дол. «Росэнергоатом» рассматривает, по словам первого заместителя генерального директора, доктора технических наук Владимира Асмолова, как долгосрочные инвестиции в будущее отечественной атомной энергетики.

Прибавим к этому другие наши конкурентные преимущества: установку на новых объектах строительства реакторов третьего поколения с пассивными системами безопасности, по ряду показателей превосходящих зарубежные аналоги (двойная защитная оболочка энергоблока, ловушка расплава топлива*, система подавления водорода и иные технологические особенности, исключающие возможность развития аварийных событий по «японскому сценарию»), обеспечение их топливом, а в конце жизненного цикла вывод блока из эксплуатации, подготовка специалистов для национальной ядерной энергетики, варианты финансирования проектов, например, в обмен на долю в капитале будущей станции. Поэтому стоит ли удивляться, что портфель заказов «Росатома» на строительство АЭС постоянно растет. Только в 2011 г. он стал почти вдвое «толще»: с 12 блоков вырос до 21. Глава госкорпорации Сергей Кириенко расценивает это как свидетельство высокого доверия к российским технологиям. Причем выбор в нашу пользу делают страны, только вступающие на путь развития атомной энергетики: станции-первенцы отечественные специалисты будут строить во Вьетнаме, Бангладеш, Беларуси и Нигерии.

Большие виды на атомную энергетику имеет ЮАР. «Мы твердо настроены довести к 2030 г. долю атом-

*См.: М. Хализева. Ловушка для кориума. — Наука в России, 2012, № 5 (прим. ред.).

ной энергии в энергобалансе страны до 25% путем сооружения АЭС суммарной мощностью 9,6 ГВт, — заявила гостя форума министр энергетики этой страны Дипуо Петерс. — На эти планы не повлияла даже «Фукусима»: решение было принято через несколько месяцев после аварии». Чтобы обеспечить такие потребности, правительство намерено построить в ближайшем будущем свыше 29 энергоблоков. И у нашей страны высокие шансы приобрести такой крупный заказ.

ЭНЕРГИЯ АТОМА ПЛЮС ЭНЕРГИЯ ВЕТРА

«Возможно, я вас удивлю, — сказал на пленарном заседании «Атомэкспо» первый заместитель генерального директора «Росатома» Александр Локшин, — но наша корпорация рассматривает возможность участия в ветрогенерации. По крайней мере, на уровне производства оборудования для нее». Причем, пояснил он, такие проекты планируют «не вместо атомной генерации, а в дополнение». Напомним, некоторое время назад одно из подразделений госкорпорации — «Атомэнергомаш» — инициировало создание для этих целей стопроцентной дочерней компании «ВетроОГК». Этой актуальной теме был посвящен круглый стол, впервые собравший представителей технологических и энергетических фирм, финансовых институтов, ассоциаций солнечной и ветроэнергетики, а также властных структур.

По данным экспертов, в мире определились 5 стран, вырабатывающих 74% глобального объема экологически чистой ветроэнергии (~250 ГВт в год): США, Германия, Испания, Индия и Китай — лидер в этой пятёрке. На его долю приходится 43% мирового рынка ветровых турбин. Такие производственные возможности Поднебесной только в первом полуго-



**Первый заместитель
генерального директора
«Росэнергоатом»
доктор технических наук
Владимир Асмолов.**

дии 2011 г. позволили добавить к общей генерации 8 ГВт энергии, выработанной с помощью ветра.

А что у нас? «Большинство глобальных авторитетных прогнозистов относят ветроэнергетику, также как и наш корневой бизнес, атомную энергетику, к наиболее растущим и перспективным секторам генерации, — заявил директор по развитию и реструктуризации «Росатома» Иван Борисов. — Поэтому ветер мы рассматриваем более подробно, чем остальные возобновляемые источники... Через 10 лет мы хотим предлагать полноценное энергетическое решение, которое будет включать не только АЭС, но и другие способы генерации». Причем «Росатом» уже достаточно продвинулся в этом направлении. Заведующий лабораторией возобновляемых источников энергии и энергосбережения Объединенного института высоких температур РАН доктор технических наук Олег Попель, комментировавший в июне 2012 г. это заявление газете «Известия», заметил: «Если говорить объективно, то успехов в сфере возобновляемых источников энергии немного, но сегодня за дело взялись финансово и технологически продвинутые представители «чистой энергетики» — российские атомщики. А это уже серьезно». Именно такой настрой они и продемонстрировали на круглом столе.

«Установленная мощность действующих в России ветроэлектростанций сегодня не превышает 12 МВт, — констатировал генеральный директор «ВетроОГК», президент Российской ассоциации ветроиндустрии Игорь Брызгунов. — Суммарная же мощность проектов, которые находятся на стадии изыскательских работ, составляет не менее 3 ГВт, а всех заявленных — превышает 10 ГВт». Такие объемы ввода мощностей, считает он, позволят перевыполнить поставленную государством цель — довести к 2020 г. долю

возобновляемых источников энергии в общем объеме производимой электроэнергии до 4,5%.

Большая часть ветроустановок, отметил далее Брызгунов, будет размещаться в европейской части страны — на Северо-Западе, а также Дальнем Востоке, т.е. в энергодефицитных регионах с большим ресурсом развития возобновляемых источников. Однако под территории с ветропарками подходят также районы Сибири, Алтая и Юга России. Главные факторы, уточнил глава «ВетроОГК», — наличие хорошего потенциала (среднегодовая скорость ветра ~7 м/с), развитая транспортная инфраструктура и коммуникации.

Правда, у этого вида генерации есть и противники — экологи, выдвигающие в качестве основных аргументов против ветряных электростанций шум, необходимость отчуждения больших участков земли, негативное влияние на окружающую среду. Но, как заверил Брызгунов, плюсов здесь больше, чем минусов, что демонстрируют современные исследования. Самый убедительный — сокращение выбросов углекислого газа. Всемирный совет по энергии ветра (Global Wind Energy Council) считает: мировая ветроэнергетика позволит к 2050 г. ежегодно снижать CO₂ на 1,5 млрд т. Это достаточно серьезная прибавка даже на фоне сокращений, которые в мире происходят благодаря строительству новых АЭС, заметил руководитель компании.

Главным препятствием в продвижении ветроэнергетики в России участники круглого стола назвали отсутствие законодательной базы, поэтому не случайно на встречу был приглашен первый заместитель председателя Комитета по экономической политике Совета Федерации Валентин Межевич, обсудивший вместе с производителями возможность принятия мер, стимулирующих появление ветроэнергетических установок в нашей стране.



**«Гостиный двор»
стал площадкой
для экспозиций российских
и зарубежных компаний
и предприятий атомной
промышленности.**

МЕНЬШЕ ПОЛИТИКИ, БОЛЬШЕ ПРАГМАТИЗМА

Неизменный атрибут «Атомэкспо» — специализированная выставка, площадь которой по сравнению с прошлым годом пришлось увеличить в 2 раза — так много российских и зарубежных предприятий атомной промышленности, поставщиков оборудования, комплектующих и услуг для отрасли, строительных компаний, информационных и консалтинговых фирм сделали заявки на участие. Как всегда, мощно представили свои разработки и технологии опытные «игроки» мирового ядерного рынка: сам «Росатом» и входящие в его состав крупные структуры: «ТВЭЛ», «Росэнергоатом», «Атомэнергомаш», «Техснабэкспорт» (Москва), а также ведущая российская инжиниринговая компания

«Группы E4»*, Всемирная ядерная ассоциация (WNA, Великобритания), канадская энергетическая ассоциация CEA, компании «Siemens» (Германия), «EDF Energy» (Франция), «Bentley Systems» (США) и др.

Общее впечатление от выставки, пожалуй, выразил один из ее участников директор Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной физики (ВНИИЭФ, г. Саров Нижегородской области), доктор технических наук Валентин Костюков: «Мне всегда нравится размах, организация, дизайн, а еще то, что с каждым годом здесь меньше политики, а больше прагматизма. Люди просто работают по-деловому, без помпы». Но интересны и частности.

*См.: М. Малыгина. Технология «сухого» хранения ядерного топлива. — Наука в России, 2012, № 5 (прим. ред).



Генеральный директор госкорпорации «Росатом» Сергей Кириенко (второй справа) и гости форума на специализированной выставке «Атомэкспо».

СУПЕРВЫЧИСЛИТЕЛЬ

Многие посетители этой выставки ассоциировали ВНИИЭФ*, созданный в 1946 г. для реализации советского атомного проекта — разработки первой отечественной атомной бомбы, прежде всего с институтом, где решают проблемы усовершенствования и поддержания ядерно-оружейного потенциала нашей страны. И далеко не каждый представлял, что его структура, состоящая из тесно взаимодействующих институтов теоретической и математической физики, ядерной и радиационной физики, лазерно-физических исследований, позволяет решать многие фундаментальные научные и народнохозяйственные задачи, в том числе по проектированию, разработке и созданию супер-ЭВМ** различного класса: компактных, средней и рекордной производительности.

На объединенном стенде «Росатома» ВНИИЭФ представил аппаратно-программный комплекс терафлопсного класса АПК-1М, созданный на базе модернизированной компактной КС-ЭВМ, занявшей первое место в национальном конкурсе «Продукт года-2011» в номинации «Суперкомпьютеры». Это самый мощный в России вычислитель, базирующийся на передовых технических и архитектурных решениях, в том числе оригинальных разработках ВНИИЭФ. Комплекс оснащен программным обеспечением, основные компоненты которого также разработаны и адаптированы специалистами ядерного центра.

Супер-ЭВМ такого уровня позволит предприятиям, заводам, конструкторским бюро и НИИ, работающим в высокотехнологичной сфере, производить

полномасштабное имитационное моделирование сложных технологических объектов для поиска новых прорывных решений в оборонной, атомной, авиационной, космической, автомобильной и других отраслях промышленности. Машина уменьшает время инженерных и конструкторских расчетов при проектировании и увеличивает их точность. АПК-1М, утверждают разработчики, — это мечта конструктора для расчета современных проектов.

Уникальность комплекса — и в его малогабаритности (длина 650, ширина 325, высота 752 мм), что дает возможность устанавливать технику в любом офисе на рабочем месте пользователя. Причем в отличие от гигантских собратьев, она не требует дополнительных систем охлаждения и специального технического персонала для обслуживания. По сути, на выставке был представлен немного увеличенный персональный компьютер. К другим привлекательным особенностям супер-ЭВМ относят уменьшенные шумовые характеристики и малое энергопотребление (она питается от обычной электрической розетки в 220 В). По словам заместителя начальника отделения Института теоретической и математической физики ВНИИЭФ Андрея Гребенникова, представлявшего разработку на «Атомэкспо», свыше 50 АПК терафлопсного класса институт уже поставил заказчикам, что составляет лишь 35% потребностей российских предприятий. Повышенный спрос на компактные супер-ЭВМ Гребенников объяснил тем, что большая часть исследований по компьютерному моделированию в наших компаниях не требует «мощностей десятков тысяч процессоров».

Пока для ВНИИЭФа приоритет № 1 — оснащение вычислительными ресурсами отечественной науки и промышленности. Но в институте не исключают

*См.: А. Водопошин. В гостях у академика Харитона. — Наука в России, 2009, № 5 (прим. ред).

**См.: С. Абрамов. Супер-ЭВМ нового поколения. — Наука в России, 2009, № 3 (прим. ред).

Стенд российского
производителя
ядерного топлива
компании «ТВЭЛ».



Продукция французской
машиностроительной
компании «Alstom» —
одного из мировых лидеров
в производстве
энергетического оборудования —
на «Атомэкспо».

выход на зарубежный рынок, учитывая заинтересованность в АПК-1М иностранных специалистов. Тем более что аналогичное компьютерное решение зарубежного производства стоит раза в два дороже.

Подчеркнем, компактная супер-ЭВМ разработана в рамках проекта Комиссии при Президенте РФ по модернизации и технологическому развитию экономики России «Развитие суперкомпьютеров и грид-технологий».

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА НОВОГО ТИПА

Старейшее предприятие атомной отрасли Опытноконструкторское бюро машиностроения им. И.И. Африкантова (входит в структуру «Росатома» — «Атомэнергомаш») из Нижнего Новгорода представ-

вило макеты реактора на быстрых нейтронах БН-800 с натриевым теплоносителем и расширенным воспроизводством ядерного топлива для строящегося четвертого блока Белоярской АЭС (г. Заречный Свердловской области), плавучего энергокомплекса на базе серийной судовой установки КЛТ-40С для тепло- и электроснабжения потребителей в районах Крайнего Севера и Дальнего Востока, высокотемпературного реактора с гелиевым теплоносителем ГТ-МГР*. В зоне особого внимания оказалась модель силовой ядерной установки РИТМ-200 (реактор интегрального типа модульный)** для нового поко-

*См.: Н. Пономарев-Степной, Н. Кухаркин. Эффект высоких температур. — Наука в России, 2012, № 3 (прим. ред).

**См.: В. Макаров. Будущее судовой атомной энергетики. — Наука в России, 2010, № 4 (прим. ред).



Экспозиция крупнейшего экспортера российских товаров и услуг ядерного топливного цикла на мировом рынке компании «Техснабэкспорт».

ления атомных ледоколов, крупных судов, промысловых плавбаз. В ее основе — многолетний опыт эксплуатации отечественного ледокольного флота*, обогащенный современными тенденциями. Сотрудники нижегородского конструкторского бюро трудились над ней 5 лет.

РИТМ-200 — это два реактора тепловой мощностью 170 МВт каждый (в установках действующих ледоколов она составляет 140–150 МВт). Такая «станция» способна вырабатывать столько энергии, что ее хватит на освещение и обогрев города с населением 300 тыс. человек.

Но не только по этому параметру она превосходит работающие сегодня на линиях судовые агрегаты. Основное отличие РИТМа — в размещении парогенераторов и активной зоны в едином корпусе (интегральная компоновка), что повлияло на массогабаритные характеристики реактора — он почти в два раза легче и компактнее предшественника. Последнее обстоятельство, кроме экономической эффек-

тивности, имеет важное значение для обеспечения минимальной рабочей осадки ледокола.

У такой установки увеличенный энергоресурс активной зоны — он более чем в 3 раза превышает ранее достигнутый. В реакторе будут использовать топливо кассетного типа с обогащением по урану-235 до 20%, что удовлетворяет условиям нераспространения ядерного оружия. Его нужно перегружать не раз в три года, как в установках предыдущего поколения, а раз в семь лет. При этом количество радиоактивных отходов, образующихся при эксплуатации и техническом обслуживании, минимизировано.

Особое внимание разработчики обращают на модернизационный потенциал реактора, т.е. в дальнейшем можно форсировать его мощность и наращивать энергоресурс. Это позволит использовать агрегат на перспективных атомных судах, плавучих АЭС и опреснительных комплексах, а также в составе локальных энергоисточников различного назначения — морских буровых платформ и сооружений для надводной и подводной добычи и переработки нефти и газа.

РИТМ-200 станет головной унифицированной установкой для всех типов атомных судов, идущей на смену разработанным ранее нижегородскими специалистами реакторам, служившим нашему флоту свыше 40 лет. Именно она отправит в первый поход универсальный (двухосадочный) атомный ледокол нового поколения мощностью 60 МВт. У него пока нет названия, но петербургская компания «Балтийский завод — судостроение» обещает спустить атомолод на воду в 2017 г.

Позже в прессе (а работу форума освещали около 400 отечественных и зарубежных представителей средств массовой информации), в частности в одной из самых читаемых и авторитетных газет Индии «Hindu», журналисты писали: «На выставке «генералы» атомной отрасли хорошо потрудились, чтобы развеять саму мысль о мировом упадке ядерной индустрии».

*См.: Ж. Алферов, А. Родионов. Здесь зарождалась морская мощь России. — Наука в России, 2001, № 6; Ж. Алферов и др. Главная ударная сила российского флота. — Наука в России, 2006, № 1 (прим. ред.).

АРКТИЧЕСКИЕ ДИНОЗАВРЫ: ОСЕДЛЫЕ ОБИТАТЕЛИ ИЛИ КОЧЕВНИКИ?

Доктор геолого-минералогических наук
Алексей ГЕРМАН,
Геологический институт РАН

**В каких природных условиях жили динозавры?
Многочисленные находки этих рептилий известны из районов,
где в мезозойскую эру (251–65 млн лет назад)
существовал тропический или субтропический климат
со слабо выраженной сезонностью.
Поэтому открытие местонахождений их остатков
в арктических широтах — на Чукотке и Аляске — вызвало
неподдельный к ним интерес палеонтологов
и появление гипотез о том, как такое оказалось возможным.**

ЗАГАДКИ МЕЛОВОГО ПЕРИОДА

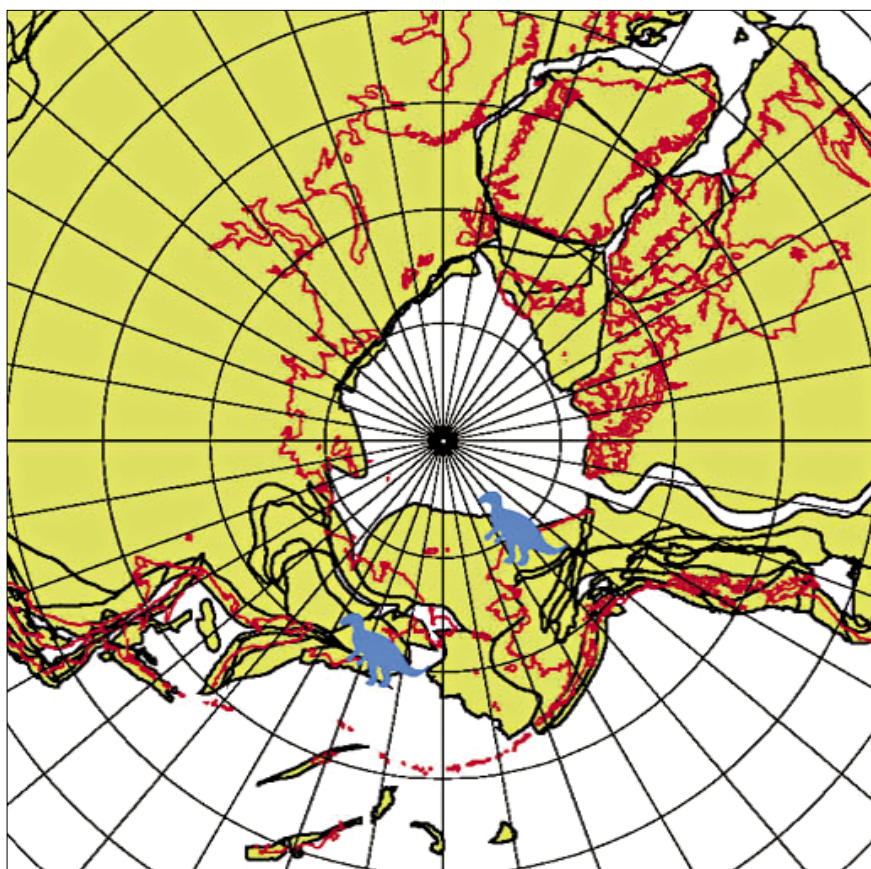
В 1961 г. американский геолог Роберт Лискомб обнаружил на севере Аляски (70° с.ш.) множество костей, первоначально принятых им за остатки не очень древних кайнозойских* млекопитающих. И лишь в середине 1980-х годов исключительное значение этих находок стало очевидно: они оказались костями динозавров, обитавших в Арктике очень давно, в конце мелового периода**! Позднее поиски в том же районе продолжили американские палеонтологи Энтони Фиорилло, Роланд Ганглофф и их коллеги, за несколько лет собравшие тысячи костных остатков. Эти работы вызвали споры об экологии обнаруженных животных: были ли они постоянными обитателями Арктики

*Кайнозойская эра — период геологической истории, начавшийся примерно 65 млн лет назад и длящийся по настоящее время (прим. ред.).

**Меловый период — самый поздний период мезозойской эры; начался 132–137 млн лет назад, продолжительность 66 млн лет (прим. ред.).

или зимой мигрировали на юг? чем питались? как и с какой скоростью могли передвигаться?

К настоящему времени в местонахождении, расположенном в нижнем течении реки Колвилл в урочище Оушен Пойнт, получившем название «карьер Лискомба» по имени его первооткрывателя, найдены остатки хрящевых и костистых рыб, птиц *Hesperornis*, многобугорчатых, сумчатых и плацентарных млекопитающих, а из динозавров — мелких и крупных теропод (хищников из родов *Dromaeosaurus*, *Saurornitholestes*, *Troodon* и тираннозаврид, близких к роду *Albertosaurus*), растительноядных пахицефалозавров (род *Pachycephalosaurus*), цератопсид (род *Pachyrhinosaurus*) и гадрозаврид, или утконосых динозавров (рептилий из рода *Edmontosaurus*, достигавших 10 м в длину). Кости последних преобладают, причем принадлежали они, как правило, молодым особям. По современным данным слои с перечисленными находками образовались в кампанский (70,6–83,5 млн лет назад) и маастрихт-



Распределение суши и морских бассейнов в Арктике в конце мелового периода (68 млн лет назад, полярная проекция). Очертания современной береговой линии показаны красным. Фигурки динозавров обозначают их местонахождения: правая — на северной Аляске, левая — на Чукотке.

ский (65,5–70,6 млн лет назад) века в конце мелового периода, т.е. примерно 68–75 млн лет назад.

В других местонахождениях северной Аляски, датируемых тем же периодом, также обнаружены кости и зубы динозавров, отпечатки их шкур и следы лап. Однако только карьер Лискомба так богат ископаемым материалом, хотя расположен севернее всех остальных: по современным реконструкциям — на 80–82° с.ш.

Богатое местонахождение остатков динозавров известно и в другой части света — на крайнем северо-востоке Евразии, на Чукотке. Но здесь они жили несколько позже — во второй половине маастрихтского века, примерно 65–68 млн лет назад, и на более низкой (70–72°) палеошироте. Расположено оно на востоке Корякского нагорья в бассейне реки Каканаут, а открыто в 1988 г. российскими учеными: зоологом и палеонтологом Львом Несовым (Ленинградский государственный университет) и палеоботаником Линой Головневой (впоследствии доктор биологических наук, Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург). Позже, в 2007–2009 гг., Головнева с коллегами и бельгийским специалистом по рептилиям Паскалем Годефруа снова посетили каканаутское местонахождение и собрали в нем чешую рыб-палеонисков, а также кости, зубы и скорлупу яиц динозавров. Среди остатков этих рептилий были определены растительноядные, относящиеся к базальным орнито-

подам, гадрозавридам, анкилозаврам и неocerатопсам, и хищники — троодонтиды, дромеозавриды и тираннозавриды. Найденная скорлупа яиц двух типов принадлежит, по мнению ученых, гадрозавридам и тероподам.

Энтони Фиорилло и его коллеги полагают: динозавры северной Аляски круглый год обитали в высоких широтах Арктики, на расстоянии менее 1000 км от Северного полюса, и были приспособлены к жизни в условиях продолжительной полярной ночи. Л. Несов, Л. Головнева и П. Годефруа древних рептилий Чукотки также причисляют к оседлым жителям Арктики, полагая при этом, что по крайней мере некоторые из них размножались в Заполярье. Обилие в захоронениях остатков молодых утконосых и некрупных хищных динозавров, а также значительное расстояние до районов, в которых в позднем мелу существовала вечнозеленая субтропическая растительность, позволяют, по мнению этих исследователей, предположить: рептилии не мигрировали на юг, а переживали зиму в состоянии пониженной активности. В подтверждение оседлости животных ссылаются на то, что вместе с остатками взрослых особей найдены зубы детенышей, в том числе недавно вылупившихся. Длительные миграции, по мнению тех же ученых, не оставляли бы времени для выведения и выращивания молоди и, кроме того, отрывали бы растительноядных динозавров от привычных мест обитания.

Л. Несов полагал, что климат Арктики в то время не был, как сейчас, суровым, и мягкие зимы позволяли рептилиям существовать в высоких широтах круглый год. В меловом периоде вдоль восточной окраины Азиатского материка простирался так называемый Охотско-Чукотский вулканический пояс. Ученый предположил, что зимой динозавры могли откочевывать в его близлежащие районы и комфортно зимовать на теплом грунте вулканических кальдер или в воде теплых источников. Во время зимних периодов они могли питаться лиственной вечнозеленой цикадовой, опавшими листьями древесных растений и детритом*. Температуры же (точнее, сумма тепла) летнего периода определены, по его мнению, должны были быть достаточно высоки для инкубации яиц. Несов не исключал, что чукотские динозавры могли использовать для гнездования участки грунта, подогреваемые вулканическим теплом. Так поступают, например, некоторые примитивные тропические формы современных сорных кур *Megalopodiidae* на Зондском архипелаге.

Другие сторонники оседлости динозавров предполагают: «полярные» рептилии были теплокровными (эндотермными) животными и подобно современным млекопитающим переносили невзгоды относительно холодных зим. В подтверждение приводят наблюдения о том, что остатки холоднокровных (эктотермных) животных — амфибий, черепах, ящериц, крокодилов — полностью отсутствуют как в североаляскинских, так и в каканаутских захоронениях. А это может свидетельствовать о том, что динозавры конца мелового периода были способны противостоять климату Арктики, который оказывался слишком суровым для типично холоднокровных.

Для оценки справедливости приведенных мнений обратимся к данным палеоботаники и попытаемся ответить на два вопроса: какова была растительность, составлявшая кормовую базу арктических динозавров, и что нам могут поведать сохранившиеся в геологической летописи ее остатки о климате Заполярья в конце мелового периода?

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И КЛИМАТ

К счастью, как на северной Аляске, так и на Чукотке в тех же самых слоях, где и остатки динозавров, найдены многочисленные отпечатки листьев и побегов. И значит, у нас есть бесценные палеонтологические свидетельства о растительности, окружавшей динозавров Арктики.

Ископаемые растения северной Аляски начиная с конца 1970-х годов изучал английский палеоботаник и палеоклиматолог Роберт Спайсер. Он установил: при малом таксономическом разнообразии (всего 10–12 видов) среди них доминировали родственники современных метасеквойи и болотного кипариса — таксодиевые хвойные рода *Parataxodium*, представленные небольшими деревьями, причем они были веткопадными и в конце вегетационного периода сбрасывали облиственные побеги. Подлесок состоял из хвощей,

папоротников и травянистых покрытосеменных, наземные части которых отмирали в конце вегетационного периода, а в водоемах присутствовали, помимо хвощей, водные цветковые растения *Quereuxia*.

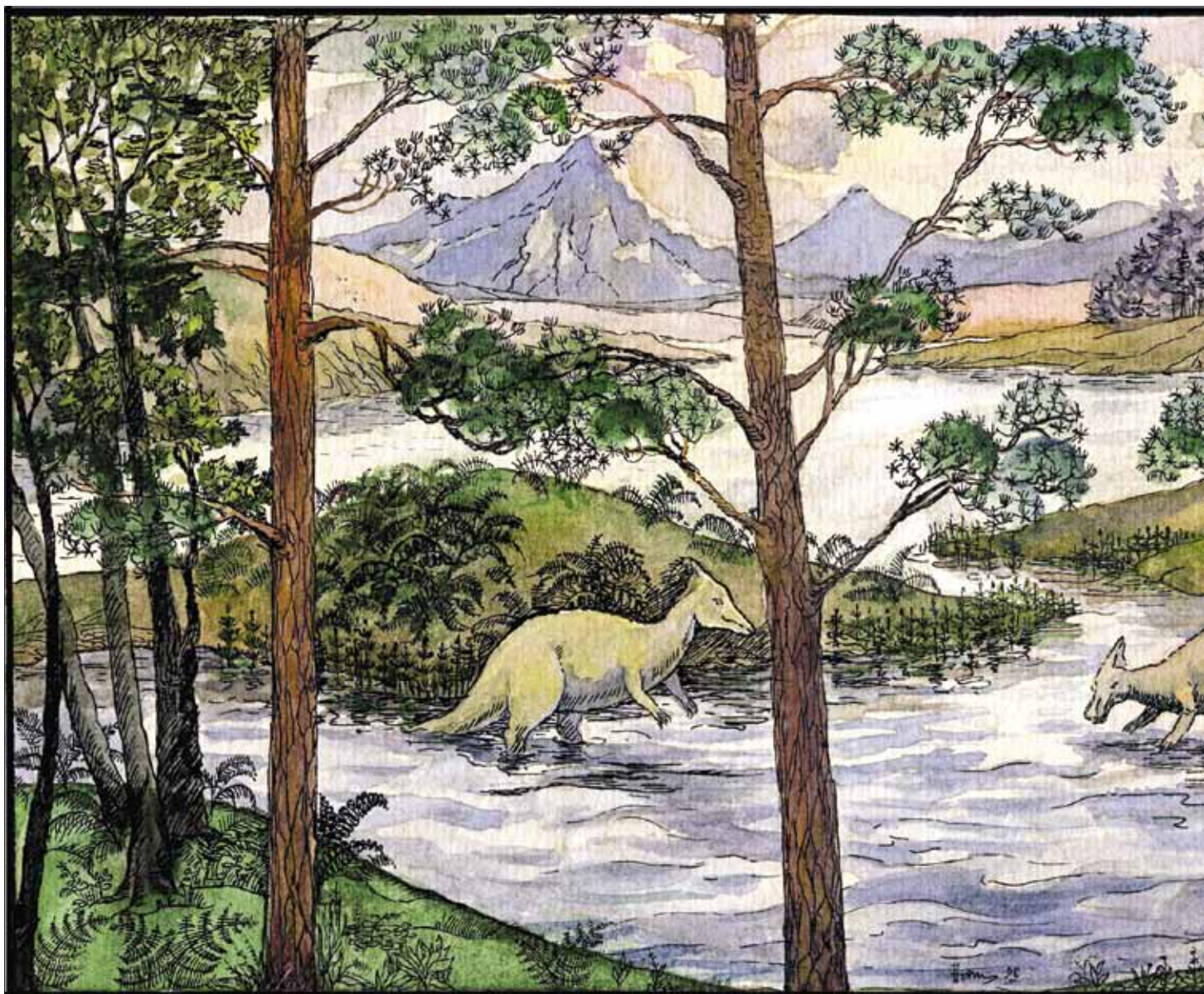
Ископаемые растения из каканаутского местонахождения динозавров на Чукотке изучила Л. Головнева. Оказалось, растительность эта существенно отличалась от характерной для севера Аляски: она была гораздо богаче (около 50 видов) и теплолюбивей, что и не удивительно, поскольку существовала более чем на 1000 км южнее. Интересно, в ее составе были обнаружены по всей видимости вечнозеленые растения — родственники современных саговников. Их исследовали и описали Головнева и доктор геолого-минералогических наук Валентин Красилов (Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН, Москва). Кроме этих представителей теплолюбивых растений, в каканаутской флоре было много листопадных гинкговых, листопадных и вечнозеленых хвойных, среди них часто встречались таксодиевые, особенно рода *Sequoia*. Покрытосеменные (около 30 видов) также многочисленны и представлены листопадными формами. Мхи, хвощи и папоротники встречались редко.

Ископаемые растения позволяют нам судить о древних климатах, причем не только о качественных их параметрах (было тепло или холодно, влажно или сухо), но и количественных. За последние 20 лет создана и опробована методика такого расчета, получившая название CLAMP (Climate-Leaf Analysis Multivariate Program). Ее в 1993 г. предложил американский палеоботаник Джек Вулф и значительно усовершенствовали англичанин Роберт Спайсер и автор данной статьи*. Суть ее заключается в выявлении статистической коррелятивной связи между морфологическими признаками листьев и климатическими параметрами. Наземные растения взаимодействуют с атмосферой в процессе газо- и водообмена и для собственного выживания вынуждены приспосабливаться, эволюционируя так, чтобы по своей морфологии соответствовать местным условиям среды. А поскольку сходные типы климата налагают на растения похожие физические ограничения, различные виды, произрастающие в одинаковых, но разделенных в пространстве и во времени климатах, вырабатывают конвергентные морфологические признаки. Следовательно, строение листьев ископаемых растений можно использовать для характеристики климата прошлого.

Этот подход был реализован в методике упомянутого многомерного статистического анализа: CLAMP позволяет по климатическим сигналам, закодированным в морфологии листьев древесных двудольных, рассчитать несколько количественных параметров древнего климата. В основе усовершенствованного метода лежит так называемый канонический корреляционный анализ (CANOCO), устанавливающий корреляцию между 31 морфологическим признаком листьев двудольных (форма, размер и т.д.) и 11 климатическими параметрами (температура наиболее теплого и наиболее холодного месяцев, а также среднегодо-

*Детрит — взвешенные в толще воды частицы мертвого органического вещества, характерный элемент биоценотической среды водных сообществ (прим. ред.).

*См.: А. Герман. Палеоботаника и древний климат Земли: воспоминания о будущем. — Наука в России, 2006, № 1 (прим. ред.).

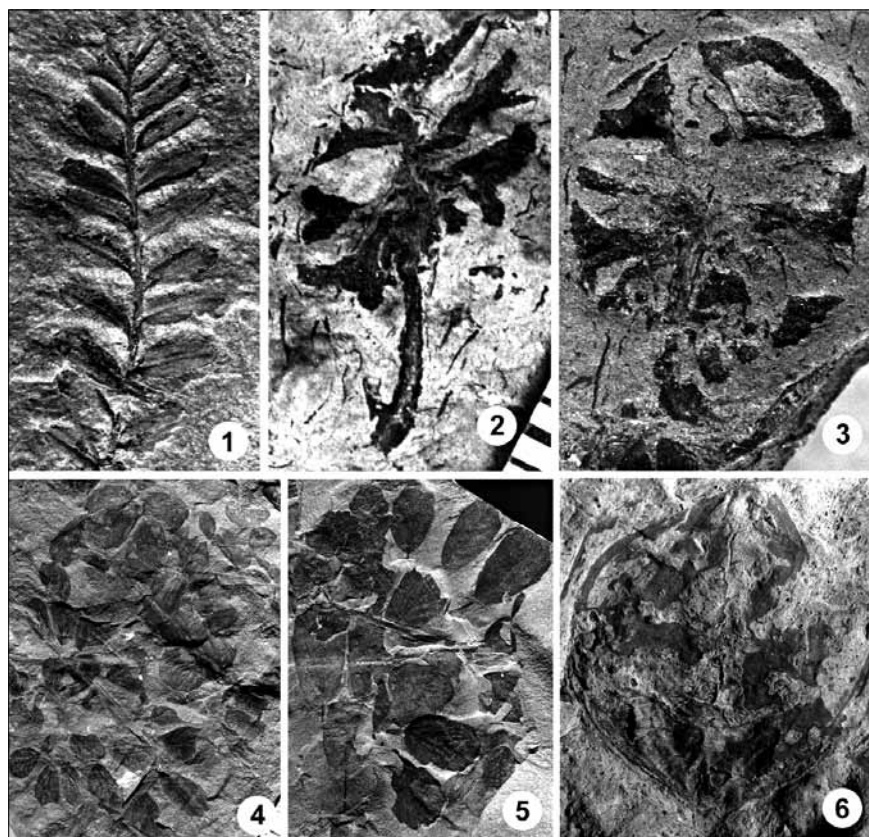
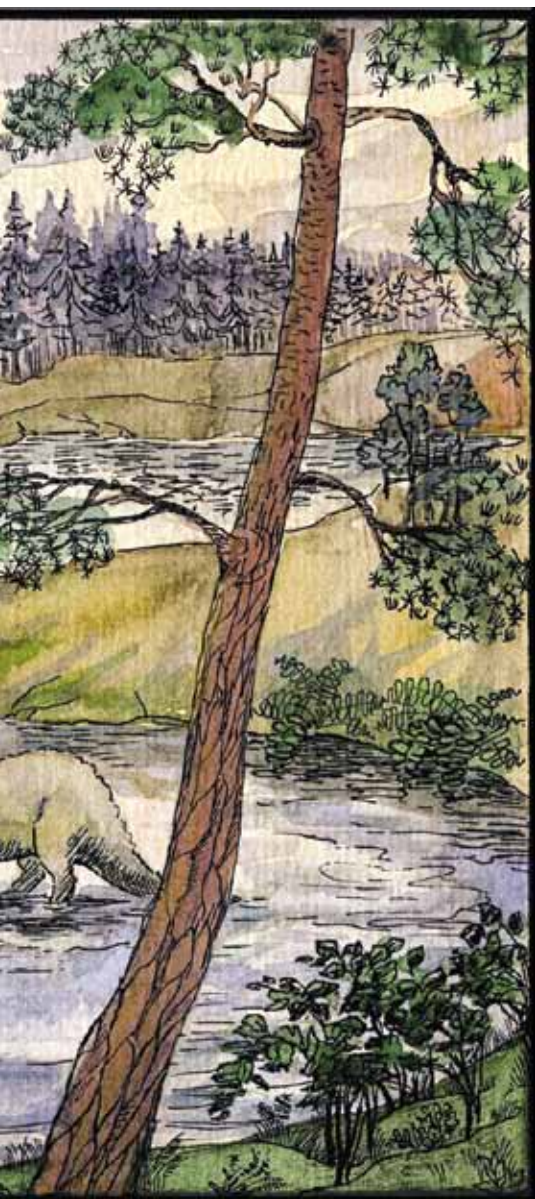


вая, количество осадков за три последовательных наиболее влажных и наиболее сухих месяца, продолжительность вегетационного периода и др.). В результате для ископаемых флор удастся рассчитать параметры температуры и влажности и при этом количественно оценивать возможные ошибки. С помощью CLAMP можно получить ответ на вопрос: если бы та или иная древняя флора произрастала на современной Земле, в каких климатических условиях мы могли бы ее обнаружить?

Пользуясь указанным методом, Л. Головнева по древним растениям каканатской флоры рассчитала вероятные параметры климата, в котором обитали чукотские динозавры. По ее данным, среднегодовая температура была приблизительно 10°C , наиболее теплого месяца — 19° , наиболее холодного — 3°C , ве-

гетационный период продолжался 6,3 мес., при этом в среднем за месяц выпадало 98 мм осадков. Этот древний климат по температурам был сходен с тем, в котором ныне живет население Лондона, но отличался большей влажностью.

Правда, использовать CLAMP для расчета палеоклиматических параметров конца мелового периода северной Аляски «напрямую» не удастся: дело в том, что в высоких палеоширотах (более 80° с.ш.) разнообразие древесных двудольных в ископаемых флорах недостаточно для применения этого метода. Вот почему по результатам того же анализа, но полученным для более низкоширотных флор Северного полушария, богатых покрытосеменными растениями, нами рассчитаны широтные градиенты температуры и уже по ним — вероятные параметры палеоклимата, в котором



Характерные ископаемые растения северной Аляски:

- 1 — таксодиевые хвойные рода *Parataxodium*;
2, 3 — шишки таксодиевых;
4, 5 — водные цветковые растения *Quegexia*;
6 — семя, вероятно, цветкового растения.

Утконосые динозавры
поздне меловой Арктики (рисунки Н. Герман).

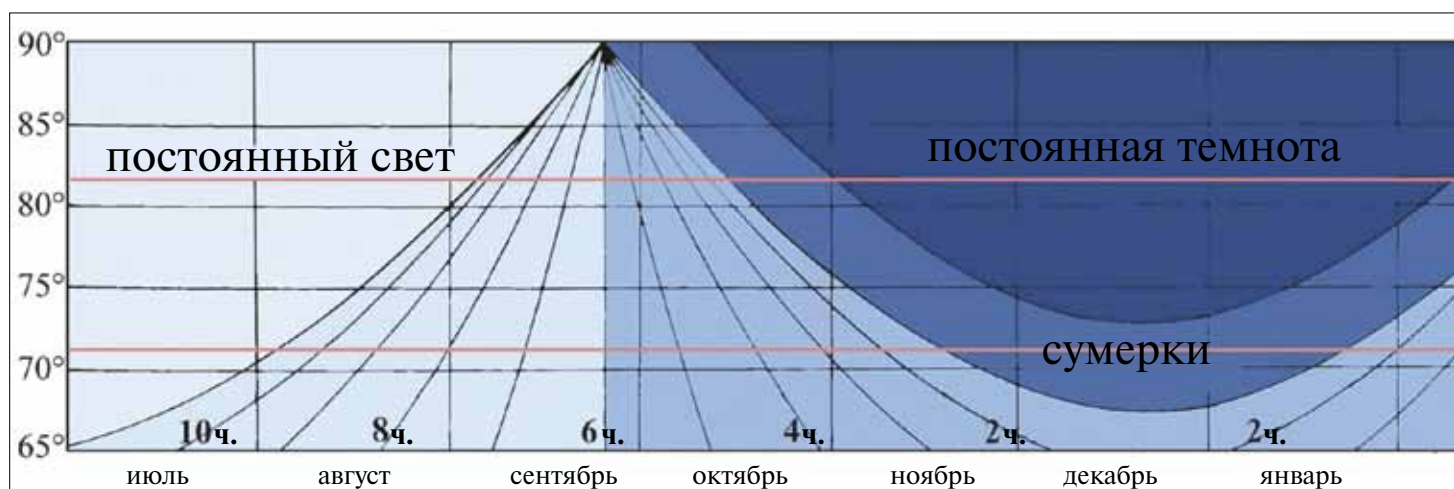
обитали динозавры северной Аляски. Такой подход позволил установить, что на 82° с.ш. 70 млн лет назад среднегодовая температура составляла приблизительно $6,3^{\circ}\text{C}$, самого теплого месяца — $14,5^{\circ}$, а наиболее холодного — минус $2,0^{\circ}\text{C}$.

ПРОБЛЕМА ПЕРЕЗИМОВЫВАНИЯ

Как уже говорилось, все специалисты по динозаврам, изучавшие их остатки с северной Аляски и Чукотки, отстаивают точку зрения: эти рептилии жили в Арктике круглый год. Однако приведенные выше данные о древней флоре и палеоклимате высоких широт Арктики заставляют усомниться в этом. Понятно, что прежде всего нас интересует, как переживали зиму динозавры северной Аляски, обитавшие, в отличие от их чукотских собратьев, на более высокой палео-

широте в окружении более скудной растительности, а еще — образ жизни растительноядных рептилий, поскольку если ресурсов тепла и пищи им хватало, то и хищники, питавшиеся ими, проблемы вряд ли испытывали.

Разговор о том, чем питались растительноядные арктические динозавры, начнем с особенностей светового режима высоких широт. В современной Арктике резко выражена его сезонность: полярный день с незакатным солнцем сменяется здесь долгой зимней ночью. Согласно современным данным, наклон земной оси в конце мелового периода был таким же, как ныне. А это значит, что постоянный летний день на 82° с.ш. (расположение карьера Лискомба) длился почти пять месяцев. И неудивительно, что обилие света достаточно теплым летом вызывало тут бурный



рост растительности, дававшей обильный корм динозаврам. На 72° с.ш. (палеоширота каканавского местонахождения) летний день был короче, почти три месяца, но и он, наряду с теплым вегетационным периодом, благоприятствовал росту растений. Несомненно, обилие корма привлекало растительноядных, а вслед за ними и хищных динозавров в высокие широты.

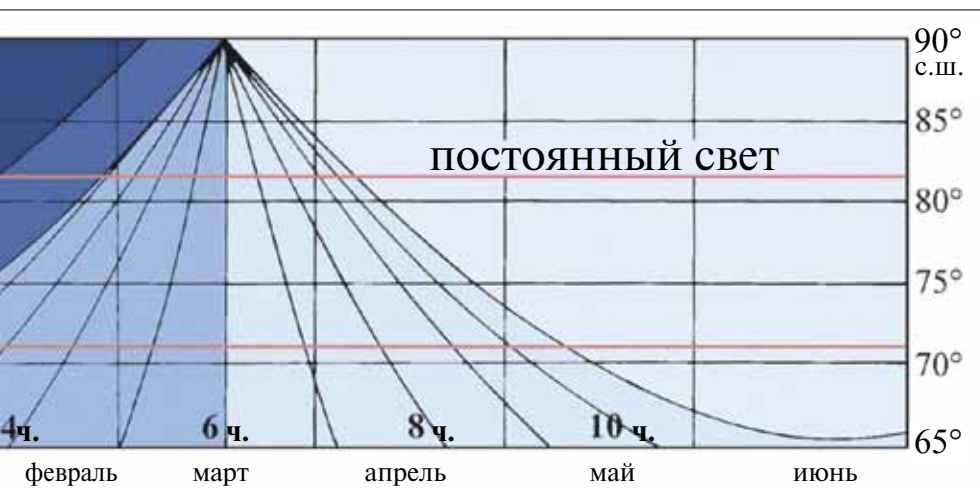
Зато полярная ночь с полным отсутствием солнечного света продолжалась на 82° с.ш. свыше трех месяцев, с ноября до начала февраля, перед и после которой в течение 2–3 недель стояли сумерки. Правда, на 72° с.ш. многодневная полная темнота отсутствовала, зато период сумерек длился около двух месяцев. Поэтому неудивительно, что все древесные растения северной Аляски были листо- или веткопадными, а у травянистых зимой отмирали их надземные части, причем вызывалось это, вероятно, как отрицательными зимними температурами, так и отсутствием полярной ночью солнечного света. А это однозначно говорит о том, что зимой североаляскинские растительноядные динозавры испытывали дефицит корма. На Чукотке также преобладали листопадные растения, но были и вечнозеленые; поэтому ситуация с зимним кормом у каканавских рептилий была менее жесткой.

Средняя температура наиболее холодного месяца, рассчитанная для 82° с.ш. конца мелового периода, составляла, как говорилось, $-2,0^\circ\text{C}$. По всей видимости, в течение этого месяца температуры могли кратковременно — на несколько дней или недель — опускаться до -8 – -10°C . И очень сомнительно, что крупные динозавры северной Аляски могли пережить такие холода. Сейчас некоторые рептилии, скажем, мелкие черепахи, способны переживать зимний период с отрицательными температурами в состоянии сильно пониженной активности — буквально в замороженном виде. Но что устраивает мелких животных, легко находящих убежища в подземных норах, абсолютно не подходило для крупных (до 9–10 м длиной), т.е. арктических динозавров, явно не способных вырыть себе огромные норы-убежища для «спячки». А зимний анабиоз вне надежного укрытия, да еще и в

окружении хищников, в том числе теплокровных, чреват весьма драматическими последствиями... Гипотеза же об использовании рептилиями для перезимовывания и инкубации яиц участков грунта и водоемов, подогреваемых вулканическим теплом, представляется довольно экстравагантной и лишенной серьезных доказательств, тем более на севере Аляски в то время никакой вулканической деятельности не было.

Как уже говорилось, некоторые ученые, поддерживающие идею об оседлом образе жизни арктических динозавров, полагают: последним удавалось пережить холодную зиму благодаря своей теплокровности. Однако популярная ныне гипотеза об эндотермности рептилий нуждается в серьезных подтверждениях, поскольку все доводы ее сторонников основаны на косвенных и недостаточно обоснованных фактах или предположениях (их обзор приведен в книге английского палеонтолога Дэвида Нормана «Иллюстрированная энциклопедия динозавров»). Во всяком случае свидетельств эндотермности рептилий северной Аляски до сих пор не найдено. Напротив, на известных отпечатках чешуйчатой кожи эдмонтозавров не обнаружено следов шерсти, которые могли бы говорить о теплокровности этих животных.

Но даже если предположить, что арктические динозавры были эндотермными и потому могли переносить зимние холода, проблему их перезимовывания это вряд ли решает. Дело в том, что теплокровные животные нуждаются в гораздо большем количестве пищи, чем холоднокровные, «сжигая» значительную ее долю для поддержания постоянной температуры тела и, отчасти, для «обогрева атмосферы» из-за более интенсивного теплообмена с окружающей средой. Замечательный пример их «пищевой расточительности» привел в своей работе 1941 г. доктор биологических наук Сергей Северцов: «Горноста́й, которому для насыщения нужно в день добыть количество мяса, равное половине его веса, и гадюка, которая полгода проводит в оцепенении, а в летнее время довольствуется двумя-тремя полевками в неделю, представляют хороший пример различия в энергии жизнедеятельно-



Распределение темного и светлого времени суток в высоких широтах Арктики в течение года. Красными линиями выделены 72° и 82° с.ш.

сти. Крокодилы в зоологическом саду довольствовались 36 г мяса в день. Близким по весу пантерам и леопардам дают 3,5–4 кг мяса в день». В целом можно сказать, что эндотермным животным требуется примерно в 10 раз больше пищи, чем эктотермным.

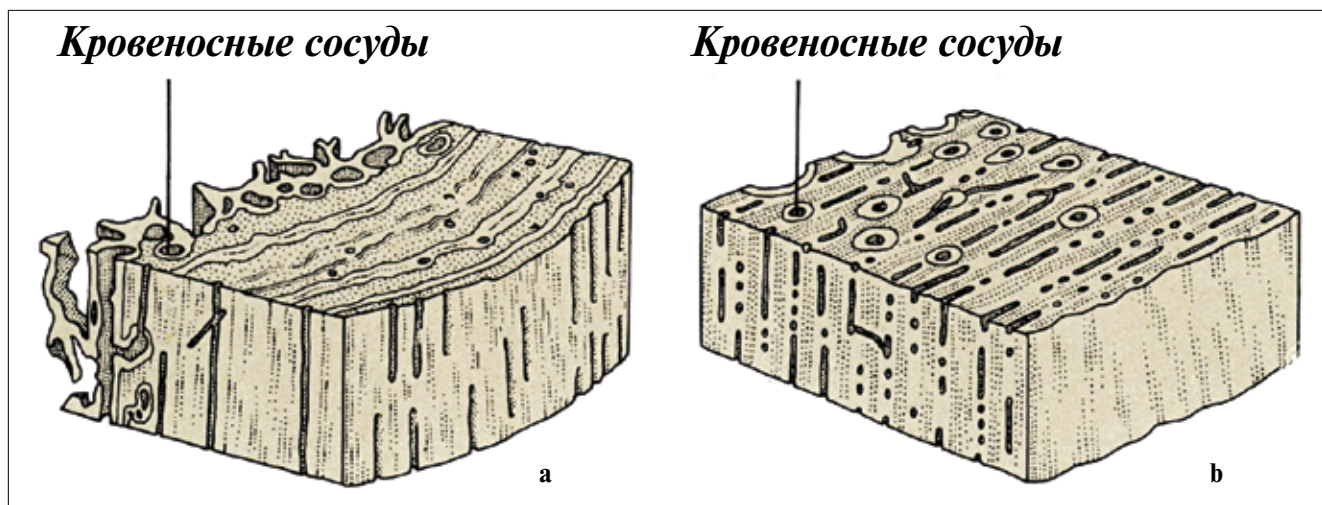
А вот пищи зимой в позднемеловой Арктике явно не хватало. Как мы помним, растительность северной Аляски была листо- и веткопадной, т.е. зимой листва и свежие побеги отсутствовали. Питаться же опадом или отмершими и высохшими травой, папоротниками и лишайниками (как это делают северные олени) затруднительно, если вообще возможно: в конце мелового периода климат Арктики был, в отличие от современного, влажным, с большим количеством осадков в течение всего года. А это значит, что зимой земля вместе со всем съестным покрывалась толстым слоем снега. Предположение о том, что растительноядные динозавры северной Аляски могли эти несколько месяцев питаться скоплениями водных растений (их остатки найдены в верхнемеловых отложениях региона), также не проходит, ибо при отрицательных температурах заводи и озера покрывались ледяным панцирем. Можно, конечно, предположить, что зимой рептилии обгладывали кору деревьев и кустарников, не брезгуя древесиной и древесными грибами. Но это выглядит фантастично, учитывая размеры и количество данных животных.

Кроме того, такая резкая смена их «диеты» от летней к зимней неизбежно отразилась бы на строении костей. Речь здесь идет о следующем. Недавно важные сведения о биологии динозавров северной Аляски были получены специалистом-гистологом Анасуйей Чинсами из Университета Кейптауна (ЮАР), изучившей микроструктуру костей гадрозавров *Edmontosaurus*. Ею установлены два интересных факта. Во-первых, во всех найденных и исследованных до сего времени костях эдмонтозавров не было обнаружено никаких следов сезонной приостановки их роста — своего рода «годовых колец», маркирующих, как и у растений, неблагоприятный период с недостатком необходимых организму ресурсов. Следовательно, у них в течение

года не было ни существенного изменения «диеты», ни «постов» из-за нехватки свежей растительной пищи. Во-вторых, ископаемые кости этих животных пронизаны многочисленными каналцами, в которых проходили кровеносные сосуды, что говорит о высокой скорости роста костей. Ту же особенность она обнаружила и при изучении костей другого растительноядного динозавра, относящегося к роду *Pachyrhinosaurus*. Значит, молодые особи росли очень быстро. Памятуя о резко сезонном климате северной Аляски в конце мелового периода и листопадном характере растительности, окружавшей эдмонтозавров, можно с уверенностью заключить: эти животные совершали сезонные миграции, в зимнее время откочевывая вслед за уходящим теплом на юг в те места, где свежей растительной пищи хватало для их нормального существования. Молодые же особи к концу лета или началу осени уже достигали размеров, позволявших им дальние миграции.

Можно привести еще две «косвенные улики» в пользу сезонных передвижений динозавров Арктики. Во-первых, растительноядные млекопитающие, такие, например, как северные олени, часто переходят с места на место просто из-за того, что выедают корм и вынуждены менять пастбища. Другими словами, стада этих животных должны постоянно передвигаться — так почему бы арктическим динозаврам было не идти на север весной и в обратном направлении осенью? Как отметил в середине 1990-х годов российский геолог Николай Чумаков, в Северной Америке в меловый период прекрасными путями для соответствующих миграций могли служить «пастбищные уголья» вдоль берегов меридионального Западного внутреннего пролива. Во-вторых, самые близкие из современных животных родственники динозавров — птицы — как раз и совершают протяженные сезонные миграции — перелеты «вслед за теплом и кормом». Не унаследовали ли они этот образ жизни от своих четвероногих мезозойских предков?

Естественно, встает вопрос, как далеко мигрировали динозавры северной Аляски? Из современных четве-



Микроструктура костей: а — рептилий, б — динозавров.

Строение костей динозавров, крупных млекопитающих и птиц схоже — в них значительно больше, чем у рептилий, кровеносных сосудов. Это рассматривают как свидетельство теплокровности динозавров, однако более вероятно иное объяснение: данная особенность говорит о том, что последние росли очень быстро.

роногих Арктики рекорсменами дальних «путешествий» являются североамериканские карибу, ежегодно преодолевающие расстояния до 5500 км. Э. Фиорилло и Р. Ганглофф справедливо считают: карибу далековато отстоят от динозавров, и поэтому привлекать первых как модель, иллюстрирующую образ жизни вторых, неверно, но все же пример карибу показателен. Вечнозеленые саговниковые кустарники и хвойные, а также водная растительность, известные на Чукотке примерно в 1000 км южнее местообитания динозавров Аляски, могли бы служить зимней кормовой базой для растительноядных рептилий, а каканавские анкилозавры, судя по строению их тела, едва ли были хорошими «ходоками». С другой стороны, рассчитанная по каканавской флоре температура наиболее холодного месяца в 3°C представляется недостаточно теплой для выживания крупных рептилий. С определенной долей условности можно предположить: для того, чтобы достичь районы с вечнозеленой растительностью и приемлемым климатом, динозавры северной Аляски должны были зимой уходить на юг на 1200–1300 км, примерно до широты южной Аляски.

Скорлупа яиц динозавров известна из каканавского местонахождения, а на северной Аляске она до сих пор не найдена. Можно допустить, что обитатели последней, как и чукотские, размножались летом и в Арктике, но это предположение ставит ряд вопросов, на которые пока ответа нет: достаточно ли было тепла аляскинским летом с температурой наиболее «жаркого» месяца 14,5°C для развития яиц этих, скорее всего, холоднокровных животных и хватало ли того времени, которое динозавры проводили на летних пастбищах, для рождения и выращивания детенышей? В связи с такими вопросами, вероятно, справедливо предположение некоторых палеонтологов о том, что динозавры могли для обустройства своих гнезд использовать скопления гниющих и выделяющих тепло растений, а

вылупившаяся из яиц молодь при обилии пищи росла очень быстро и за короткое время достигала размеров, позволявших ей избегать хищников небольшого размера и передвигаться с достаточной скоростью, не отставая от своих взрослых сородичей.

В самом конце мелового периода динозавры повсеместно вымерли. Довольно распространенной, хотя и спорной гипотезой, объясняющей их исчезновение, является предположение о крупном импактном событии на границе мелового и палеогенового периодов — падении одного или нескольких астероидов, повлекшим за собой катастрофическое вымирание животных и растений. Последнее вызвала наступившая темнота и резкое похолодание климата из-за глобального распространения в атмосфере плотных облаков пыли и сульфатных аэрозолей, а также катастрофических лесных пожаров. Однако сторонники оседлого обитания динозавров в заполярных широтах справедливо отмечают: эти животные были приспособлены и к темноте полярной ночи, и к низким температурам Арктики, а потому данные причины не должны были привести к их вымиранию. Но если справедливо то, о чем говорится в данной статье, и арктические динозавры совершали сезонные миграции, откочевывая зимой на юг, то указанное противоречие снимается. Другими словами, похолодание в конце мелового периода вполне могло вызвать их вымирание. Но было ли это похолодание спровоцировано внезапными или земными причинами — уже другой вопрос.

ПРОДУКТЫ С «ФАБРИКИ ГЕНОВ»

Масштабный интеграционный проект с участием нескольких академических институтов реализуется в Новосибирске. Ему был посвящен научный доклад «Технологическая платформа для синтетической биологии», представленный на заседании президиума СО РАН в марте 2012 г. заведующим лабораторией медицинской химии Института химической биологии и фундаментальной медицины (ИХБФМ) СО РАН, кандидатом химических наук Александром Синяковым — он координирует ход реализации данного проекта. Речь в его выступлении шла о возможностях, открываемых синтезом генов, о биомедицинских исследованиях и развитии биотехнологий, о создании микрочипового синтезатора ДНК. О сути этих работ ученый рассказал в беседе с корреспондентом газеты «Наука в Сибири» Юлией Александровой.

В настоящее время происходит становление новой междисциплинарной науки — синтетической биологии, имеющей в качестве своей задачи создание искусственных живых систем, использующих такие же гены. Она развивается на базе революционного прорыва в области синтеза олигодезоксирибонуклеотидов. В этих целях разрабатывают микрочиповые реакторы: они позволят получать одновременно до нескольких сотен тысяч олигонуклеотидов — относительно коротких, в несколько десятков оснований, фрагментов ДНК. Именно из них, в свою очередь, собирают фрагменты геномов. Что же представляет собой процесс такого синтеза?

В лабораториях ИХБФМ действуют несколько автоматических синтезаторов ДНК. Именно в этих приборах, управляемых компьютером, и «собирают» олигонуклеотиды — своего рода «кирпичики» для генетической инженерии и исследований в молекулярной биологии. Они нужны, в частности, для выявления патологий, мутаций, определения патогенов. Для реализации этих задач здесь налажено производство диагностических чипов на основе олигонуклеотидных зондов.

Работы по синтезу искусственной ДНК в институте ведут на трех указанных установках, способных в сумме дать в сутки максимум 200–300 олигонуклеотидов разного состава. Но наука сейчас развивается стремительно, и потребности в них резко возрастают (как, впрочем, и возможности исследователей). Значит, если современный прибор станет производить их в количестве сотен тысяч, а исследователи будут иметь очень много дешевых и доступных олигонуклеотидов, то появится возможность перейти к искусственному синтезу геномов различных организмов. Именно такая задача ставится перед учеными сегодня.

Уже получены простейшие из геномов. Первым был полиовирус (примерно 7500 нуклеотидов) — его в 2002 г. сконструировал американский профессор Экард Виммер с сотрудниками. Потом создали фаг, паразитирующий на кишечной палочке *E. coli*. И очень высоким достижением стала работа американского биолога Грега Вентера (в 2003 г. он первым в мире расшифровал геном человека), синтезировавшего более миллиона пар нуклеотидов для получения генома искусственной бактерии.

По словам Александра Синякова, он и его коллеги пытаются создать специальные приборы-автоматы для помощи исследователям в конструировании искусственных геномов. Впрочем, на первом этапе новосибирские специалисты не стремятся к синтезу очень сложных образований, полагая, что лучше действовать поэтапно, например, создать фабрику генов, полезных для людей. Так, ряд важных белков, например, интерферон, являющийся неспецифическим противовирусным средством, можно заставить производить специальные бактерии, в геном которых встроен искусственный ген. Такой метод гораздо проще, чем выделение того же интерферона из донорской крови. А спектр целевых генов очень широк — это и антигены патогенов, необходимых для диагностики, и те, что кодируют медиаторы клеточного иммунитета, и соответствующие конструкции, необходимые для изготовления живых вакцин.



Планшетный ДНК-синтезатор
позволяет получать 96 олигонуклеотидов
за один цикл синтеза.

ной цепи, изготовления микрочипа-реактора, поиск методов синтеза генов.

Для успешного выполнения проекта нужны знания физиков по осаждению окиси кремния в реакционные ячейки микрочипа, технологии фотолитографии, а также сращивания кварцевого стекла и кремния. Кремниевые чипы делают в Институте физики полупроводников с использованием метода фотолитографии. Там же в ячейке осаждают окись кремния из газовой фазы, при этом плазмой обрабатывают каналы, чтобы в них не происходил параллельный побочный синтез олигонуклеотидов. А чтобы на исходном чипе проводить реакции, необходимо владеть химией олигонуклеотидного синтеза. Это хорошо отработано в ИХБФМ, и практически вся технология будет перенесена туда за одним исключением. В традиционных автоматах по синтезу фрагментов ДНК на определенной стадии в реакционные колонки добавляют кислоты и деблокируют временную защиту группы растущего олигонуклеотида. Но поскольку размеры ячейки чипа очень малы, то при микрочиповом синтезе для той же операции требуются другие, фотогенерируемые кислоты. Их производят в Новосибирском институте органической химии им. Н.Н. Ворожцова.

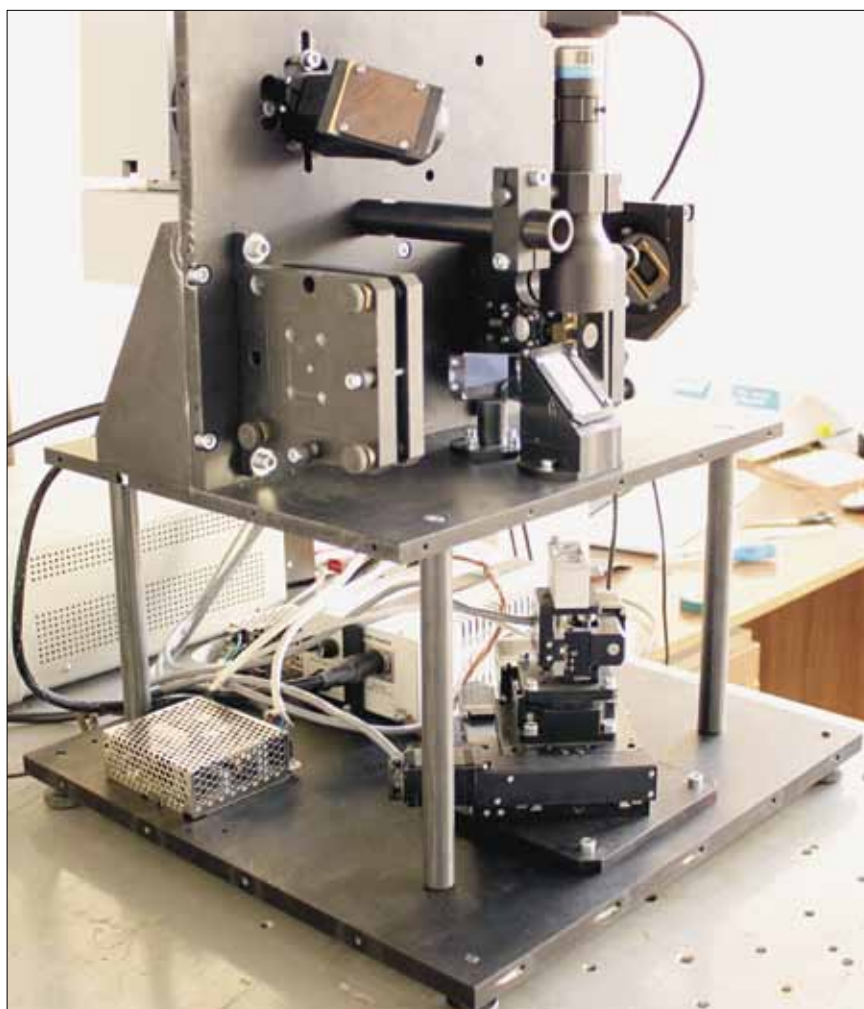
Следующая часть — сам макет. В этом сложном технологическом устройстве в каждой ячейке микрочипа синтезируют олигонуклеотид заранее выбранного состава. Для чего в определенные моменты процесса в каждую из них направляют лучи света для деблокирования защитных групп. С этой задачей справляются свыше 800 тыс. управляемых микрозеркал. Они очень маленькие, примерно 12 мк, и должны освещать строго определенный участок микрочипа. Столь тонкую работу выполняет четвертый участник проекта — Институт автоматики и электрометрии СО РАН. А оптимизацию гидродинамики всего устройства решил Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича.

В микрочиповом синтезаторе получается считанное количество целевых молекул олигонуклеотидов (100—1000 штук). Но для последующего создания нужной генной конструкции этого мало. И здесь на выручку придет уже хорошо известная технология — полимерная цепная реакция (ПЦР). С ее помощью небольшое количество целевого продукта можно размножить во много раз. Она же позволяет создавать самые разные конструкции, получать гибридные бактерии, вирусы, продуценты, к примеру, кишечной палочки. Словом, сделав фрагмент генома, его можно «клонировать».

Говоря о предыстории этих работ, Синяков отметил, что синтезом искусственных генов в Новосибирске начали заниматься 30 лет назад, в 2002 г. заинтересовались биологическими микрочипами для диагностики, а примерно года три назад предложили первый интеграционный проект для «постройки» микрочипового синтезатора ДНК и приступили к закладке

В качестве примера ученый продемонстрировал кремниевый чип микрочипового синтезатора ДНК. На его поверхности теоретически можно получить 20 тыс. олигонуклеотидов разного состава, но пока ячеек на нем меньше двухсот. Нужно научиться осаждать в них окись кремния, потом «привязывать» первое звено будущего олигонуклеотида, затем в каждой ячейке синтезировать фрагменты ДНК разного состава. Для перехода на более высокую ступень — создания генома живого микроорганизма, надо научиться эти олигонуклеотиды правильно сшивать в целевую последовательность — ведь при синтезе неизбежно возникают ошибки, и их придется исправлять специальными ферментами.

Такие сложные задачи не по плечу одному коллективу, решить их реально только совместными усилиями в рамках интеграционных проектов. Учитывая важность развития синтетической биологии, в СО РАН организован консорциум для создания микрочипового синтезатора олигонуклеотидов — в него помимо ИХБФМ вошли Институт автоматики и электрометрии, Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова, Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова, Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича. Проект носит междисциплинарный характер, включает разработку химических реагентов, фотохимических способов управления реакцией наращивания олигонуклеотид-



**Макет микрочипового
ДНК-синтезатора.**

основ раздела науки, которого в стране ранее не было — синтетической биологии.

Кстати, и на Западе микрочиповые синтезаторы появились не так давно. Но поскольку они открывают, кроме всего прочего, возможности реализации принципиально новых подходов к созданию биологического оружия, ценных продуктов для промышленности, медицины и сельского хозяйства, то, несомненно, следует ожидать ограничений на их экспорт в нашу страну.

По словам ученого, соответствующие ограничения на распространение этой технологии уже предпринимаются. Так, в декабре 2006 г. ряд крупных международных компаний и исследовательских центров США приняли документ «Практические перспективы синтеза ДНК и биологическая опасность». В нем предложен план тщательного контроля за такого рода работами. И на сегодняшний день лишь несколько фирм в США, Великобритании и Германии готовы изготавливать смеси олигонуклеотидов, полученных на микрочиповых синтезаторах, и заказы эти тщательно анализируют с помощью компьютеров. Кроме того, заказчик должен объяснить, для чего ему эти продук-

ты нужны. Все это, конечно, усложняет взаимоотношения нашей страны с западными партнерами.

Возвращаясь к проекту, Синяков отметил: «Задача, над которой в настоящее время мы работаем, очень сложна: необходимо овладеть современными вариантами фотолитографии, научиться микромеханике, которая на Западе уже ушла далеко вперед, нужно доработать химические процессы. Сейчас, поскольку макет уже есть, мы хотели бы наполнить его содержанием, «научить» его эффективно работать, перейти от крупных ячеек микрочипа к относительно небольшим. Это позволит значительно увеличить число синтезируемых олигонуклеотидов. Когда мы научимся конструировать их на чипе не десятки и сотни, а до 20 тыс., получим мощное устройство для диагностических целей».

Александрова Ю. Фабрика генов — полезная вещь. — Газета «Наука в Сибири», 2012, № 15

Иллюстрации предоставлены А. Синяковым

Материал подготовил Сергей МАКАРОВ

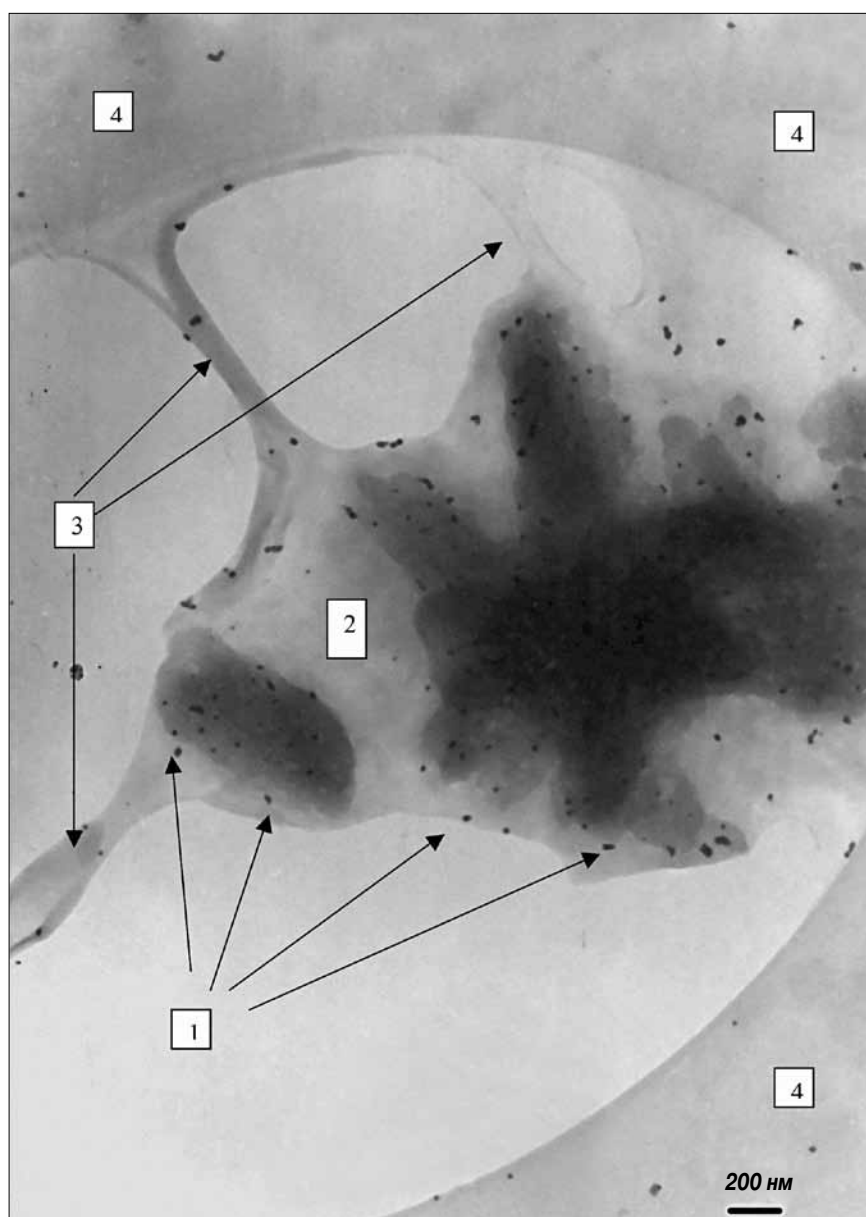
ПРИРОДА НАНОСТРУКТУРЫ ПОЧВ



Доктор биологических наук Геннадий ФЕДОТОВ,
академик Глеб ДОБРОВОЛЬСКИЙ,
Институт экологического почвоведения
МГУ им. М.В. Ломоносова

Десятки тысяч лет возделывая почву — уникальную среду обитания живых организмов, человечество по сей день не все знает об этом теле природы. Мы имеем дело с объектом чрезвычайно сложным: исследователю для понимания протекающих здесь процессов необходимо обладать знаниями по органической, неорганической, аналитической, физической и коллоидной химии, энзимологии, микробиологии, зоологии, минералогии и ряду других дисциплин. Появление в арсенале почвоведов нанотехнологических методов позволяет иначе подойти к некоторым вопросам, давно занимающим естествоиспытателей. Один из них — строение и природа гумуса.

Электронно-микроскопическое
изображение частицы илистой фракции
дерново-подзолистой почвы:
1 — минеральные частицы;
2 — студнеобразная гумусовая матрица;
3 — полимерные тяжи;
4 — полимерная подложка.

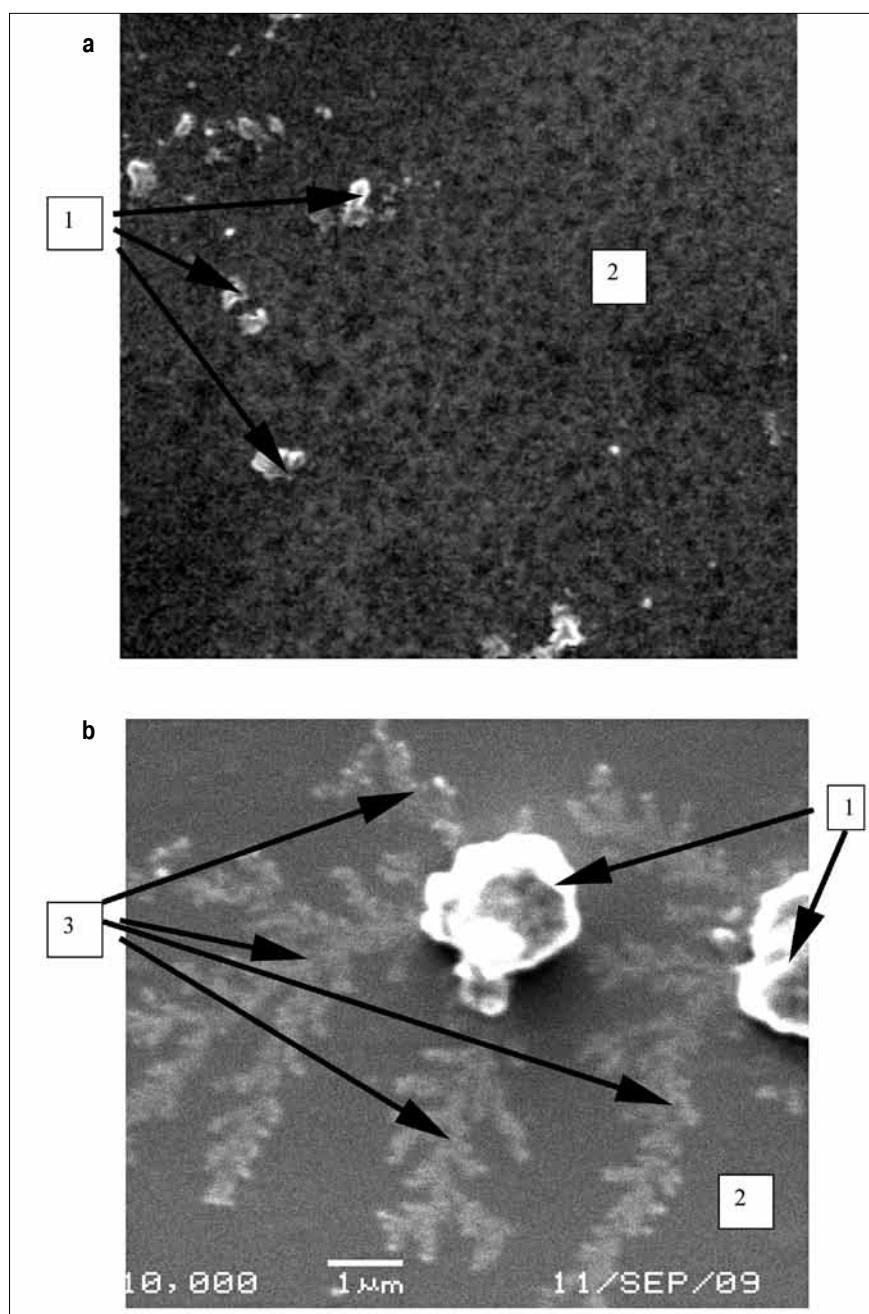


ПРЕДЫСТОРИЯ

Почву, как и любой природный объект, изучают на разных уровнях ее организации. В частности, специалисты интересуют состав, строение и свойства коллоидов, определяющих многие ее свойства. Этой темой занимались крупные ученые — прежде всего академик АН СССР Константин Гедройц (1872–1932), швейцарский агрохимик Георг Вигнер (1883–1936), шведский почвовед Санте Эмиль Маттсон (1886–1945). Работы Гедройца показали: именно тонкодисперсная часть почв, довольно незначительная по массе, играет важнейшую роль в их поглощательной способности, в формировании агрохимических, агрофизических и мелиоративных свойств, в почвообразовательном процессе в целом.

В последующие годы применение рентгено-фазового анализа, спектральных и термических методов, оптической и электронной микроскопии при изучении тонкодисперсной части почв позволило значительно полнее раскрыть природу многих их химических, физико-химических и даже микробиологических свойств (например, адсорбции микроорганизмов на поверхностях глинистых минералов). Были установлены химический и минералогический составы коллоидов, однако получить представление об их строении исследователям долгое время не удавалось.

Особенно сложен вопрос о природе органического вещества, о составе и структуре так называемых гуминовых кислот, содержащихся преимущественно в коллоидных фракциях почвы. Обобщая результаты



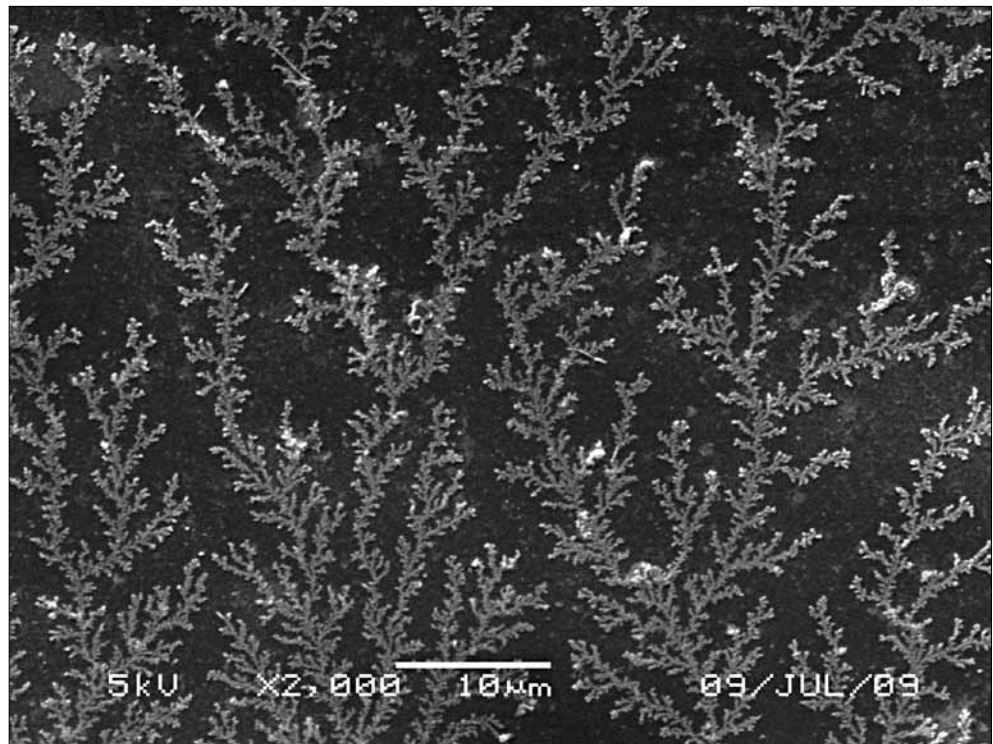
Электронно-микроскопические фотографии гелевых пленок, самопроизвольно выделяющихся из дерново-подзолистой почвы (a) (область 6х6 мкм) и чернозема (b):
1 — минеральные частицы;
2 — гумусовая матрица;
3 — органические дендриты, выделившиеся из гумусовой матрицы.

своих работ, известный отечественный почвовед, академик Иван Тюрин (1892–1962) пришел к выводу: «в составе гумуса, наряду с соединениями, известными из химии растительных и животных веществ, присутствуют и специфические соединения, возникающие из первых в результате особой категории процессов, которые характерны для гумуса, и ... нехарактерны для живой природы». Данная точка зрения получила широкое признание, и в большинстве научных монографий и учебных руководств появилось определение гумусовых веществ как комплекса специфических высокомолекулярных азотсодержащих арома-

тических соединений кислотной природы. При этом специалистам было очевидно: последние входят в состав почвенных гелей и, судя по их сложности и гетерогенности, могут существовать в виде различных ассоциатов и ансамблей, образующихся при объединении нескольких макромолекул.

Сейчас общепризнано, что функционирование почвы как системы с определенным набором свойств во многом обеспечивают коллоиды, в виде гелей покрывающие и связывающие между собой ее компоненты. Основа этого «клея» — гумусовый студень, армированный минеральными частицами.

Микрофотография
щелочной вытяжки из торфа
с добавлением
алюмината калия (3,1% Al).



МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ «ДЕРЕВЬЯ» В ПОЧВЕННЫХ ГЕЛЯХ

Во время работы с просвечивающим электронным микроскопом нам открывается интересная картина преобразования такого геля при его высыхании: в органической матрице гумусового студня, полупрозрачной для проходящих сквозь образец электронов, хаотически располагаются темные (непроницаемые для «электронного луча») минеральные частички различных размеров, сама же органическая матрица при подготовке образца, при высушивании подвергается усадке, образует тяжи, связывающие ее с полимерной подложкой, на которой размещен образец. То есть при удалении воды она ведет себя как типичный полимерный студень.

Отметим, при увлажнении сухих почв их свойства меняются в связи с преобразованием упомянутых гелей, вбирающих в себя воду и, подобно многим полимерам, увеличивающихся в объеме. Прежде исследователи воспринимали их основу — гумусовый студень — как однородную субстанцию, однако современные данные о поведении полимерных систем меняют привычные представления.

Изучение почвенных гелей методами электронной микроскопии показало: органическая матрица не однородна — она обладает наноструктурой. На микрофотографиях при увеличении в несколько десятков тысяч раз хорошо различима пестрота ее поверхности, выявляются темные области и сравнительно осветленные. Уже при увеличении в несколько тысяч раз видно, что в некоторых случаях последние, более плотные и выпуклые, образуют дендриты

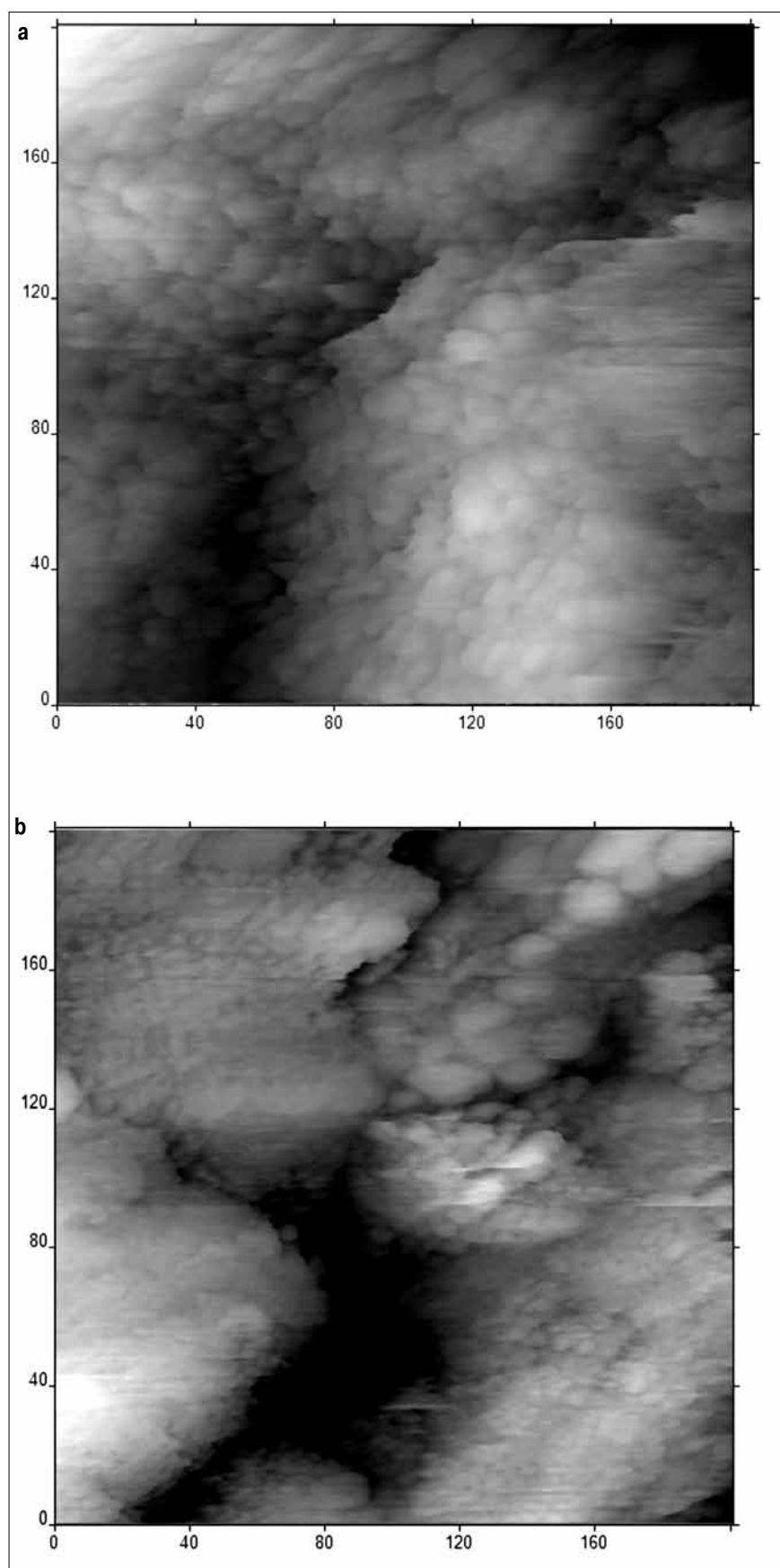
(от греч. δένδρον — дерево), тянущиеся от белесых неорганических частиц в составе геля, причем иногда эти причудливые фигуры удалены от минеральных зерен.

Чем же обусловлена описанная картина, каков механизм возникновения подобной организации тонкодисперсной фракции? Было очевидно, что ответить на этот вопрос мы не сможем, пока не поймем строение почвенного гумуса. Приступая к исследованию, мы стремились охватить весь спектр зональных почв. Изучили образцы гелей подзолов, подзолистых, дерново-подзолистых, серых лесных, различных типов каштановых почв, черноземов, серозема, краснозема. Как оказалось, открытые нами закономерности характерны в равной степени для большинства из них.

Итак, с помощью электронных и зондовых* микроскопов мы установили: основой почвенных гелей являются образования округлой формы размером от многих десятков до нескольких сотен нанометров. Растровая электронная микроскопия, фотон-корреляционная спектроскопия и малоугловое рассеяние** нейтронов помогли увидеть, что подобные структуры органической природы характерны и для растворов гумусовых веществ (вытяжек из почв, речных и озерных вод).

*Зондовый микроскоп — класс микроскопов для получения изображения поверхности и ее локальных характеристик при сканировании специальным зондом (прим. ред.).

**Малоугловое рассеяние — упругое рассеяние электромагнитного излучения или пучка частиц (электронов, нейтронов) на неоднородностях вещества, размеры которых существенно превышают длину волны излучения (прим. ред.).



Изображения гелей, выделенных из дерново-подзолистой почвы, полученные при помощи туннельного микроскопа. Почва модифицированная ПАВ (а), без ПАВ (b).

На изображениях, полученных на туннельном микроскопе*, заметно, что обнаруженные образования состоят из еще более мелких объектов, размеры которых варьируют в почвах разных типов: у дерново-подзолистой они достигают 2–5 нм, у черноземов — 8–12 нм. Словом, органическая матрица почвенных гелей, ранее воспринимавшаяся специалистами как однородный студень, на самом деле представляет собой множество глобул размером от многих десятков до нескольких сотен нанометров, в свою очередь возникающих при объединении первичных структур гумусовых веществ размером в несколько нанометров. Назовем упомянутые глобулы кластерами (от англ. cluster — скопление).

Изучение органических растворов методом малоуглового рассеяния нейтронов показало, что они имеют фрактальную** организацию. Применяв тот же подход к почвам, мы установили: их коллоиды устроены точно так же. Следовательно, можно утверждать: основой последних являются фрактальные кластеры, образованные из частиц гумусовых веществ.

ТАЙНА СТРОЕНИЯ ГУМУСА

В начале 20-х годов прошлого века немецкий химик, нобелевский лауреат 1953 г. Герман Штаудингер (1881–1965) выдвинул принципиально новое представление о полимерах как веществах, состоящих из макромолекул — частиц необычайно большой молекулярной массы. Это позволило объяснить их свойства, прежде всего эластичность. Стало очевидно: полученные химиками знания помогают понять многие, дотоле непонятные свойства гумусовых веществ. Академик Иван Тюрин предложил полимерную теорию гумуса, принятую тогда большинством коллег. В течение длительного времени специалисты полагали, что данное вещество, столь важное для плодородия земель, представляет собой набор макромолекул. С этих позиций почвенные гели следовало бы рассматривать как системы фрактальных кластеров из полимерных молекул. Однако по мере изучения гумуса накапливалось все больше фактов, необъяснимых с помощью старой теории.

Так, оставались неясными причины кратного изменения в течение одного сезона соотношения основных компонентов органического вещества почвы — гуминовых и фульвокислот, некоторые другие факты. Наконец, отсутствовала подтвержденная экспериментами теория образования полимерных молекул гумусовых веществ. В 1985 г. профессор факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова доктор биологических наук Дмитрий Орлов, опираясь на результаты электронно-микроскопических наблюдений, сделал вывод: данный метод позволяет увидеть

не более, чем ассоциаты молекул гуминовых кислот. Это совпадало с догадкой, высказанной ранее выдающимся отечественным специалистом в области химии гумуса, доктором сельскохозяйственных наук Людмилой Александровой (1908–1983).

В последние 10–15 лет возникли принципиально новые взгляды на строение гумусовых веществ. Итальянский почвовед Алессандро Пикколо с химико-аграрного факультета Университета Наполи в середине 1990-х годов опубликовал несколько работ, где на основе экспериментальных данных выдвинул предположение: гумусовые вещества представляют собой не полимерные молекулы, в которых все части связаны между собой ковалентными связями, а являются ассоциатами относительно низкомолекулярных компонентов, возникающих при деградации биологического материала, а затем объединенных и стабилизированных множественными слабыми (нековалентными) связями.

В химии подобные образования называются «супрамолекулярными соединениями». Эти сложные вещества в отличие от смесей имеют определенные состав и структуру. Они построены по принципу «гость-хозяин», их крупные молекулы стабилизированы силами Ван-дер-Ваальса*, гидрофобными** и другими взаимодействиями.

Первоначально почвоведы восприняли предположение Пикколо с большим недоверием, однако дальнейшие опыты подтвердили правильность его концепции, и хотя многие специалисты еще и сегодня не отказались от привычных макромолекулярных представлений о строении гумусовых веществ, в последнее десятилетие супрамолекулярный подход начинает доминировать.

В ходе оригинальных исследований мы выделили несколько уровней организации гумуса в почвах. Во-первых, молекулы, появляющиеся в результате распада биологических остатков. Затем супермолекулы, образующиеся из первых за счет нековалентных связей. Из них формируются фрактальные кластеры — это следующая ступень. А при их объединении получаются почвенные гели.

По нашим данным, ветви расположенных рядом древоподобных объединений супермолекул гумусовых веществ проникают в пустоты, имеющиеся у «соседей», тем самым создавая более плотный контакт с ними за счет множества слабых межмолекулярных взаимодействий. В итоге возникают системы, названные химиками супраполимерами, так как их свойства во многом напоминают характеристики настоящих полимеров, что и вводило в заблуждение исследователей.

УПРАВЛЕНИЕ ПОЧВЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ

Отвечив на вопрос о строении почвенного гумуса, можно было задаться следующим — о причинах воз-

*Туннельный микроскоп — вариант сканирующего зондового микроскопа, предназначенный для измерения рельефа проводящих поверхностей с высоким пространственным разрешением (прим. ред.).

**Фрактал — геометрическая фигура, в которой каждая часть подобна всей фигуре целиком. Хорошей иллюстрацией фрактальной организации является дерево: от ствола отходят ветви, от каждой из них — более мелкие, затем все более и более тонкие ответвления (прим. авт.).

*Ван-дер-Ваальсовы силы возникают при поляризации молекул и образовании диполей. Открыты Яном Ван-дер-Ваальсом в 1869 г. (прим. ред.).

**Гидрофобные взаимодействия — сильное притяжение в воде между неполярными частицами (прим. ред.).

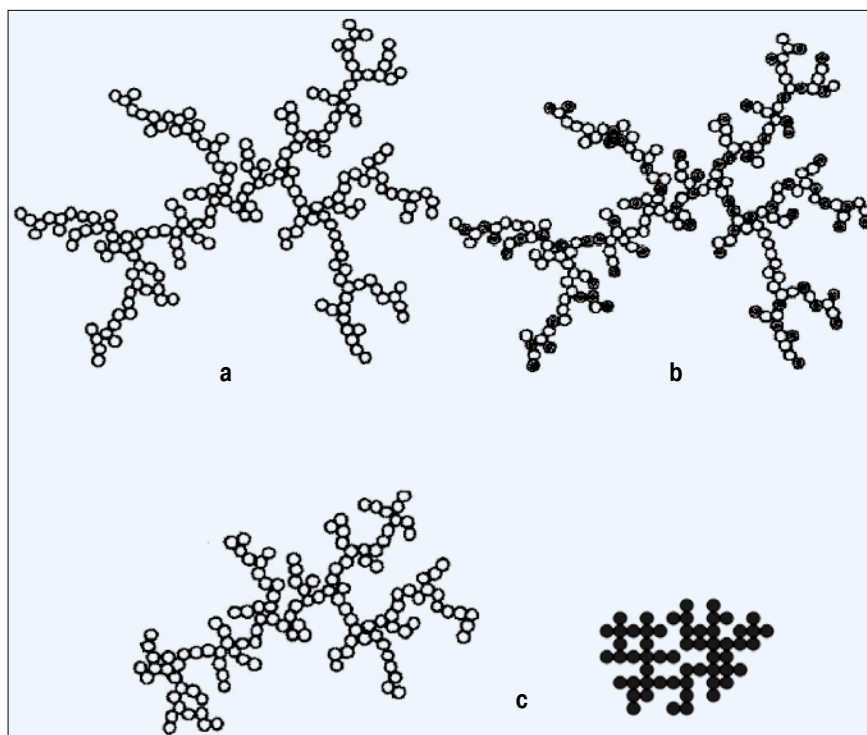


Схема фрактального кластера до взаимодействия с модификаторами (а) и после (b, c).

никновения наноструктур в органической матрице почвенных гелей. Экспериментально мы установили: инициировать такую организацию данного материала могут ионы железа, кальция, алюминия, а также некоторые поверхностно-активные вещества (ПАВ). Разумеется, подобные компоненты есть и в реальных почвах.

И введение перечисленных модификаторов в дерново-подзолистую почву привело к ожидаемому результату. ПАВ (применяемые в пищевой индустрии и экологически безвредные) вызвали заметный рост супермолекул гумусовых веществ — от 2–5 до 10 нм и более. Но это только начало сложного процесса. При использовании растрового электронного микроскопа видно: первоначально в гелях образуются наночастицы новой фазы, а при повышении концентрации модификатора начинается их объединение в относительно крупные дендриты («деревья»), иногда размером в десятки микрон! Иными словами, внесенный экспериментатором агент запускает механизм самоорганизации в почвенных гелях.

Причем гумусовые супермолекулы в составе фрактальных ассоциатов тоже трансформируются. По-видимому, они становятся менее гидрофильными, т.е. снижается интенсивность их взаимодействия с водой. А это приводит к нарушению стабильности «построенных» из них кластеров, поскольку контакты между более гидрофобными (стремящимися избежать контакта с водой) «участниками процесса» оказываются термодинамически выгоднее. Вследствие этого в почвенных гелях происходит сегрегация на наноуровне: при низкой концентрации модификатора вступив-

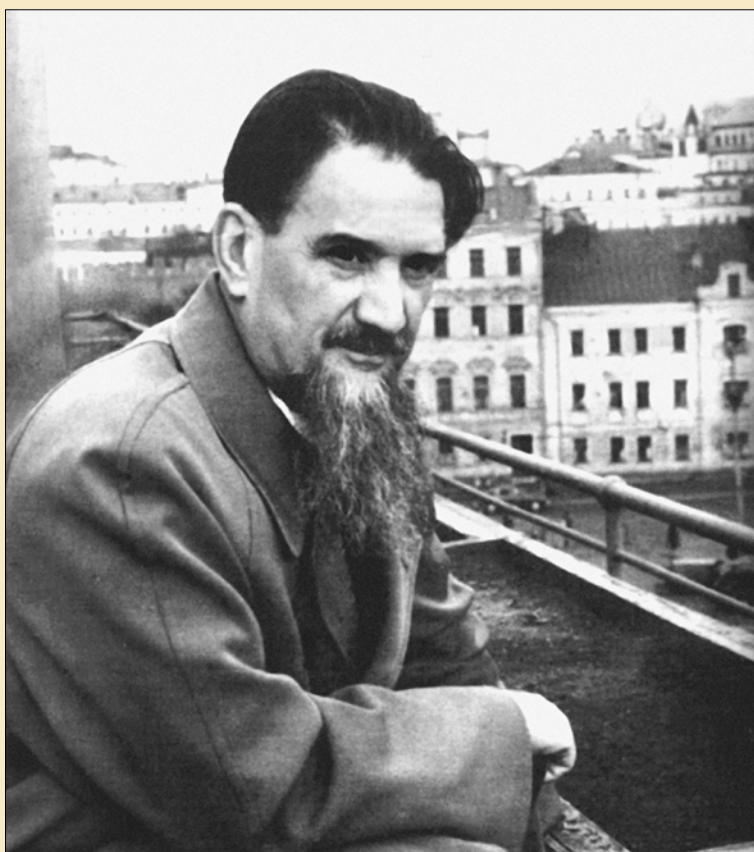
шие во взаимодействие с ним супермолекулы собираются вместе и обособляются внутри матрицы из гидрофильных гумусовых веществ. В связи с меньшим содержанием в них воды усадка данных участков при высыхании гелей намного меньше, чем у окружающей массы: они выступают над поверхностью и выглядят на электронно-микроскопических изображениях как более светлые точки или области.

При увеличении концентрации модификатора количество таких гидрофобных областей растет, они начинают взаимодействовать между собой, образуя различные, в том числе дендритные формы. И чем больше агента мы вводим в систему, тем крупнее становятся занимаемые ими участки. Наступает момент, когда большая часть супермолекул гумусовых веществ реорганизуется, а количество гидрофильной части уменьшается вплоть до полного исчезновения.

Итак, наши данные — еще один шаг к познанию природы гумуса и почвенных гелей. Кроме того, у нас появилась принципиальная возможность восстанавливать структурно-деградированные почвы и улучшать свойства их плодородных горизонтов. Ведь сегодня мы имеем 16 патентов на применение модификаторов, повышающих водоустойчивость структуры почвы при нормах их внесения 10–15 кг/га.

Иллюстрации предоставлены авторами

ЖИЗНЬ, СОЗВУЧНАЯ ЭПОХЕ



«Делайте в своей работе, в жизни только самое главное, иначе второстепенное, хотя и нужное, легко заполнит все ваше время, возьмет все силы и до главного не дойдете».

A handwritten signature in black ink, which appears to read 'И. Курчатов'.

Игорь Курчатов



12 января 2013 г. научная общественность нашей страны отметит 110-ю годовщину со дня рождения легендарного руководителя отечественного атомного проекта, основателя Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», трижды Героя Социалистического Труда (1949, 1951, 1954), лауреата Сталинской (1942, 1949, 1951, 1954) и Ленинской (1957) премий академика Игоря Васильевича Курчатова. Ему, выдающемуся физику XX в., принадлежит исключительная роль в разработке научно-технических основ овладения атомной энергией в СССР. В начале 1943 г. он стал научным руководителем работ по советскому урановому проекту и вплоть до кончины в 1960 г. оставался лидером важнейших ядерных программ нашей страны. Под его руководством разработано советское атомное и термоядерное оружие, заложены основы современной ядерной и термоядерной энергетики, сделаны открытия мирового уровня в области управляемого термоядерного синтеза, созданы

ведущие научные школы физиков, получили широкое развитие проекты международного сотрудничества в области мирного использования атомной энергии. В 1946–1960 гг. Курчатов был членом Президиума АН СССР. Исторические заслуги Игоря Васильевича, воплощенные в первых в Советском Союзе ядерных реакторах, первых в мире атомных станции и ледоколе, навсегда останутся в памяти благодарных потомков. Его имя присвоили Институту атомной энергии (ныне Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»), Белоярской атомной электростанции, поселку, где построена Курская АЭС, научно-исследовательскому судну, кратеру на Луне, подводному хребту в Индийском океане, площадям и улицам в Москве, Обнинске, Дубне, Сарове и других городах страны. Академия наук СССР учредила медаль имени И.В. Курчатова, присуждаемую ученым за выдающиеся работы в области ядерной физики.

ОСНОВНЫЕ ВЕХИ БИОГРАФИИ КУРЧАТОВА

1903 г., 12 января

Родился в поселке Симский Завод Уфимской губернии (ныне г. Сим Ашинского района Челябинской области).

1920 г.

Окончил Симферопольскую казенную гимназию с золотой медалью.

1923 г.

Окончил досрочно Крымский университет (г. Симферополь) и переехал в Петроград, где поступил на третий курс Петроградского политехнического института.

1923–1924 гг.

Наблюдатель Главной геофизической обсерватории в г. Слущке (ныне Павловск Ленинградской области). Зимой выполнил первое экспериментальное исследование по измерению альфа-радиоактивности снега.

1924–1925 гг.

Ассистент кафедры физики Азербайджанского политехнического института (г. Баку).

1925–1933 гг.

Научный сотрудник, старший инженер-физик, заведующий лабораторией Ленинградского физико-технического института (ЛФТИ).

1927–1929 гг.

Доцент Ленинградского политехнического института.

1933–1943 гг.

Начальник отдела ядерной физики ЛФТИ.

1934 г.

Присуждена ученая степень доктора физико-математических наук за цикл работ по физике диэлектриков и полупроводников без защиты диссертации.

1935 г.

Присвоено ученое звание профессор.

1935–1941 гг.

Профессор, заведующий кафедрой Ленинградского государственного педагогического института им. М.Н. Покровского.

1937–1940 гг.

Заведующий физическим отделом и циклотронной лабораторией Радиевого института АН СССР (г. Ленинград).

1941–1943 гг.

Научный консультант Управления кораблестроения Военно-морского флота СССР.

1942 г.

Присуждена Государственная премия СССР за разработку и внедрение метода размагничивания кораблей.

1943 г.

Избран действительным членом Академии наук СССР.

1943 г., 11 февраля

Решением Государственного комитета обороны назначен научным руководителем работ по использованию атомной энергии.

1943–1960 гг.

Начальник Лаборатории № 2 АН СССР, Москва (с 1949 г. — Лаборатория измерительных приборов АН СССР; с 1956 г. — Институт атомной энергии АН СССР).

1945 г.

Награжден орденом Ленина за выдающиеся заслуги в развитии науки и техники.

1946 г.

Руководил пуском первого в Евразии экспериментального ядерного уран-графитового реактора Ф-1 (Москва).

1946–1960 гг.

Член Президиума АН СССР.

1948 г.

Руководил пуском первого в Евразии промышленного ядерного реактора в Челябинске-40 (ныне г. Озерск Челябинской области).

1949 г.

Возглавил испытания первой советской атомной бомбы на Семипалатинском полигоне (Казахская ССР). Присуждена Государственная премия СССР. Присвоено звание Героя Социалистического Труда.

1951 г.

Присвоено звание Героя Социалистического Труда. Присуждена Государственная премия СССР.

1953 г.

Награжден орденом Ленина. Возглавил испытания первой в мире транспортабельной водородной бомбы на Семипалатинском полигоне.

1953–1959 гг.

Осуществлял научное руководство работами по созданию первого в мире атомного ледокола «Ленин» (совместно с академиком Анатолием Александровым).

1954 г.

Присвоено звание Героя Социалистического Труда. Присуждена Государственная премия СССР. Руководил пуском Первой в мире атомной электростанции в г. Обнинске (Калужская область).

1955 г.

Возглавил подготовку докладов советской делегации на I Международную конференцию по мирному использованию атомной энергии (г. Женева, Швейцария). Провел Всесоюзное совещание по управляемым термоядерным реакциям.

1956 г.

В составе советской правительственной делегации выступил в Харуэльском атомном центре (Англия) с докладами о проблеме управляемых термоядерных реакций и развитии атомной энергетики в СССР.

1956–1957 гг.

По инициативе и при активном участии И.В. Курчатова начато сооружение крупных атомных электростанций — Белоярской (г. Заречный Свердловской области) и Нововоронежской (г. Воронеж).

1957 г.

Присуждена Ленинская премия № 1 в области науки и техники.

1958 г.

Руководил созданием в Институте атомной энергии установки «Огра» для исследований в области управляемых термоядерных реакций. Возглавил подготовку докладов советской делегации на II Международную конференцию по мирному использованию атомной энергии (г. Женева, Швейцария).

1959 г.

Награжден Почетной грамотой и серебряной медалью Всемирного совета мира им. Жолио-Кюри за активное участие в борьбе за мир, за запрещение атомного и водородного оружия.

1960 г., 7 февраля

Скоротпостижно скончался в возрасте 57 лет.

ГОРДОСТЬ РОССИЙСКОЙ НАУКИ



Академик Евгений ВЕЛИХОВ,
президент Национального исследовательского центра
«Курчатовский институт» (Москва)

**Игорь Васильевич Курчатов — один из немногих ученых XX в.,
существенно повлиявших на ход истории не только нашей страны, но и всего мира.
Прекрасный исследователь, замечательный представитель русской интеллигенции —
высокоморальный, большой патриот России, гражданин мира,
сохранивший честь и достоинство во время тирании и в последующий период
торжествующего невежества и безграничного властолюбия.**

С тодесятилетний юбилей Курчатова* — подходя-
щий повод дать сбалансированную оценку этой
грандиозной личности. В то же время для нас
это момент самоосознания и самооценки, полезный
для будущих историков: ведь мы еще помним и чув-
ствуем его эпоху. Естественно, я не претендую на

исторический анализ, а изложу лишь свой, личный
взгляд на творческий путь Курчатова-созидателя,
взгляд из его — Курчатовского института, в котором
я работаю всю свою сознательную жизнь.

Первый период жизни Игоря Васильевича — рабо-
та молодого талантливого ученого-экспериментатора

*См.: Е. Велихов. Его мечта — создать солнце на Земле. — Наука в
России, 2003, № 1 (прим. ред.).

Игорь Курчатов. 1930-е годы.



Игорь Васильевич
готовит доклад
о диэлектриках.
Конец 1920-х годов.



На полигоне. 1949 г.

в знаменитом Физтехе* — Ленинградском физико-техническом институте, основанном в 1918 г. академиком Абрамом Иоффе. Прекрасная по высшим международным стандартам научная школа и в то же время школа советской реальности. Здесь Курчатов начал первые опыты по физике диэлектриков, связанные с электрическими свойствами кристаллов, механизмом пробоя, созданием новых изоляционных материалов. Причем не без проблем, если вспом-

*См.: Б. Дьяков. Физтех во времени и пространстве. — Наука в России, 2003, № 3 (прим. ред.).

нить неудачу Иоффе с применением в электротехнике тонкослойной изоляции. И первый замечательный успех — открытие сегнетоэлектричества, что было бы для многих других ученых вполне достаточно на всю последующую жизнь.

В это время (1932 г.) в Англии Джеймс Чедвик открыл нейтрон, в США Карл Андерсон — позитрон, а Гарольд Юри — дейтерий. И тогда Игорь Васильевич — и это типично для него — на пике успеха резко сменил направление работ и вступил на путь ядерных исследований. Такое было возможно, конечно, толь-

**Первая советская
атомная бомба РДС-1,
испытанная 29 августа 1949 г.
на Семипалатинском
полигоне. Мощность заряда
до 20 килотонн
тротилового эквивалента.
Музей ядерного оружия
Всероссийского
научно-исследовательского
института экспериментальной
физики (г. Саров).**



ко в высоконучной атмосфере Физтеха, где чутко прислушивались к пульсу науки и слышали «будущего зов». Этот шаг принес ему и его научной группе мировую известность, участие в международных конференциях и персональную дружбу с молодыми учеными, создававшими науку о ядре, в том числе с Фредериком Жолио-Кюри (Франция), Рудольфом Пайерлсом (Англия), Паулем Эренфестом (Нидерланды). Результаты курчатовской команды — мирового класса: серия работ с нейтронными источниками по новым радиоактивным ядрам, открытие ядерной изомерии* и, наконец, наблюдение — впервые в мире — спонтанного деления урана. В дальнейшем в критические моменты его жизненной миссии этот опыт ученого и чувство первопроходца сыграют огромную роль.

Несмотря на успехи и международный авторитет школы советской ядерной физики, уже признавшей Игоря Васильевича как научного лидера и талантливого организатора, обстановка в стране и науке оставалась крайне сложной. В физическом сообществе шла постоянная борьба за первенство между москвичами и ленинградцами, что привело к драматической задержке сооружения в Ленинграде нового циклотрона и не позволило запустить его до Великой Отечественной войны. Развитие ядерной физики в Физтехе подвергалось постоянным нападкам как дело ненужное для страны (а между тем американский физик Лео Сцилард уже давно запатентовал атомную бомбу и положил патент на сохранение в английское

Адмиралтейство). Сторонники квантовой и релятивистской физики из школы академиков Абрама Иоффе и Сергея Вавилова были вынуждены постоянно обороняться под атакой реакционеров во главе с влиятельным вице-президентом Академии наук СССР. Декан физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова Борис Гессен был снят с должности и расстрелян в 1937 г., а сам факультет на два десятилетия превратился в оплот реакции. Все это на долгие годы усложнило развитие современной физики в нашей стране, и, в конце концов, именно Игорь Васильевич сыграл решающую роль в победе истины над мракобесием. Несмотря на эти проблемы, у официального и неформального коллектива, собравшегося вокруг него и уже тогда называвшего его «генералом», были впечатляющие успехи и серьезнейшие планы: они думали над развитием урановых исследований.

Война разрушила эти замыслы. Она полностью прервала работы по урановой программе. Игорь Васильевич перешел в лабораторию электрических и механических свойств полимеров, где под руководством Анатолия Александрова с 1936 г. занимались разработкой методов защиты кораблей от минного оружия, и успешно трудился на Черноморском, Каспийском и Северном флотах, а его сотрудники были разбросаны по фронтам и стране.

Информацию разведки о важности работ по урану и их развертывании за рубежом в Советском Союзе встречали с недоверием — ее блокировал курировавший ряд важнейших отраслей оборонной промышленности, в том числе разработки по созданию ядерного оружия и ракетной техники, Лаврентий Берия, и до верховного главнокомандующего Вооруженными

*Ядерная изомерия — существование у ядер атомов метастабильных (изомерных) возбужденных состояний с достаточно большим временем жизни (прим. ред.).



**В саду у дома
Игоря Васильевича
с академиком
Андреем Сахаровым. 1958 г.**

силами СССР Иосифа Сталина она не доходила. Потребовалось время, чтобы обращение ученика Курчатова Георгия Флерова и информация о развитии событий за рубежом достигли «верхов». Решение о начале работ по урановой проблеме Сталин принял в очень трудное время — в сентябре 1942 г. Иоффе сразу поручил эту работу Игорю Васильевичу, а весной следующего года заместитель председателя Государственного комитета обороны СССР, куратор атомного проекта Вячеслав Молотов уже назначил его официальным научным руководителем урановой проблемы. Не Берия и не Сталин выдвинули на этот пост Курчатова: столь дальновидный шаг был совершенно естественным для Иоффе, и именно ему, на счастье России, удалось провести это решение в жизнь. С того времени и начался отсчет 17 звездных лет Курчатова, превративших Россию в мировую супердержаву и закончившихся для Игоря Васильевича феноменальным даже по мировым стандартам успехом, тремя инсультами и ранней смертью.

Тогда же, 70 лет назад, был создан и Курчатowski институт* — основной инструмент Игоря Васильевича в выполнении его миссии. История тех лет сейчас хорошо известна. Она в деталях документирована, поэтому я постараюсь изложить только свое видение этой замечательной эпохи.

*В 1943 г. распоряжением АН СССР была создана Лаборатория № 2 — будущий Курчатowski институт. В 1949 г. по предложению Курчатова ее переименовали в Лабораторию измерительных приборов АН СССР — ЛИПАН, а в 1956 г. — в Институт атомной энергии АН СССР. После смерти Игоря Васильевича (1960 г.) институт стал носить его имя. В 1991 г. он был преобразован в Российский научный центр «Курчатowski институт», а в 2009-м — в Национальный исследовательский центр «Курчатowski институт» (прим. ред.).

Игорь Васильевич собрал команду и, используя все возможности, при очень ограниченных средствах организовал в нищей, разоренной войной стране необходимые теоретические и экспериментальные исследования. Он наладил анализ данных разведки и постоянно информировал правительство о состоянии работ, подчеркивая вопиющее несоответствие целей и средств для ее достижения. В то время в нашей стране атомным проектом занимались 100 человек, а в США — 50 000! Но Курчатov был уверен, что момент истины наступит и готовился к нему.

И он наступил в августе 1945 г. По замыслу президента США Гарри Трумэна и премьер-министра Великобритании Уинстона Черчилля бомбардировка японских городов Хиросимы и Нагасаки должна была не только окончить войну, но и дать мощный предостерегающий сигнал Советам. Сталин все понимал. Перед ним снова разверзлась бездна. В считанные дни он поднял Россию на дыбы — принял кардинальные решения, на долгие десятилетия определившие развитие ядерного оружия, атомной промышленности и науки в нашей стране. В отличие от большинства так называемых «научно обоснованных решений» советской и постсоветской эпох, они действительно имели научную основу. Она была подготовлена Курчатovым и его командой. Когда знакомишься с протоколами Специального комитета при Государственном комитете обороны, действовавшего с 1945 г. под председательством Берии, видишь: его заседания — не что иное, как планерка. Игорь Васильевич говорит, что нужно сделать, а Берия транслирует это в соответствующие государственные поручения. Никогда ранее и никогда позже в мировой истории власть не передавала до такой степени бразды правления в руки ученых.

**С академиком Анатолием Александровым.
Конец 1950-х годов.**

Я не думаю, что руководство было довольны этим. Но у него не было выбора, и Сталин, в отличие от других лидеров, это отчетливо осознавал. К тому же и до Лубянки, где располагались органы государственной безопасности СССР, было рукой подать, что со своей стороны хорошо понимали Курчатов и его сотрудники.

Игорь Васильевич, как это ему свойственно, четко и ясно видел основной путь, ведущий к цели, и шел по нему. В то же время он поддерживал необходимую для уверенности широту поиска. И в этом опирался на воспитанников школы Иоффе: уран-графитовые реакторы — Анатолий Александров*, тяжеловодные — Абрам Алиханов, электромагнитное разделение изотопов урана — Лев Арцимович**, разделение изотопов диффузией — Исаак Кикоин***. Особое внимание уделял созданию самой бомбы. Здесь его опора — Юлий Харитон**** и Яков Зельдович, позже — еще Игорь Тамм и Андрей Сахаров*****. Постоянно следил за научным уровнем работ. Втягивал новые исследовательские, конструкторские и производственные ресурсы. Сам вел главное — плутониевое направление. В декабре 1946 г. практически своими руками с небольшой группой сотрудников собрал и запустил реактор Ф-1 на естественном уране с графитовым замедлителем, сам осуществил цепную реакцию деления ядер урана и контролировал ее! Для этого были нужны уникальный по чистоте графит и металлический уран. И он создал по существу промышленное производство и того, и другого. А сложенный его руками реактор без ремонта и смены топлива функционирует до сих пор и будет работать еще лет 300, если какой-нибудь «умник» не заставит его разобрать.

Первые микрограммы плутония были получены на циклотроне, затем — на Ф-1. Из этого за 2–3 года на Урале под Челябинском выросла самая мощная в мире плутониевая промышленность. Уже в августе 1949 г. Курчатов и его команда успешно провели испытания плутониевой ядерной бомбы РДС-1, правда, копии американской*****. А в 1951 г. проверку прошли оригинальные отечественные конструкции атомных бомб — наши заводы к тому времени полностью освоили технологии производства ядерного горючего. В 1953 г. под его научным руководством по проекту Харитона и идее Сахарова испытывали, на год раньше американцев, первую термоядер-



ную бомбу. После этого события Курчатов сказал Александрову: «Анатолиус! Это было такое чудовищное зрелище! Нельзя допустить, чтобы это оружие начали применять».

Несмотря на очевидный успех и однозначное решение правительства о порядке дальнейших работ по совершенствованию сахаровской «слойки»*, Игорь Васильевич ценой строгого выговора по партийной линии за «антигосударственную деятельность» поддержал следующую идею, предложенную учеными Арзамаса-16 — секретного конструкторского бюро в Нижегородской области (ныне Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики), и в 1955 г. достиг нового решительного успеха в совершенствовании термоядерного оружия: 22 ноября на Семипалатинском полигоне** взорвали первый двухступенчатый заряд РДС-37, послуживший прототипом для разработки и создания будущего термоядерного арсенала СССР. А через год Курчатова настиг первый инсульт.

Власть в стране круто изменилась: с одной стороны — оттепель, с другой — торжествующее невежест-

*См.: Н. Пономарев-Степной. Во главе атомной отрасли. — Наука в России, 2003, № 2 (прим. ред.).

** См.: Е. Велихов. Термоядерное горение; В. Стрелков. Царского пути в термояде нет; М. Петров. О таланте судят по трудам. — Наука в России, 2009, № 1 (прим. ред.).

***См.: М. Хализева. Энергия таланта. — Наука в России, 2008, № 3 (прим. ред.).

****См.: А. Водопошин. В гостях у академика Харитона. — Наука в России, 2009, № 5 (прим. ред.).

*****См.: Б. Альтшулер. Сахаров, ФАС и ракеты. — Наука в России, 1993, № 1 (прим. ред.).

*****См.: М. Хализева. Бомба, изменившая мир. — Наука в России, 2009, № 6 (прим. ред.).

* Сахаровская «слойка» — предложенная Андреем Сахаровым схема термоядерного заряда, в основе которой лежал принцип ионизационного сжатия горючего, состоящего из чередующихся слоев дейтерия и урана-238 (прим. ред.).

** См.: Р. Петров. На ядерном полигоне. — Наука в России, 1995, № 1 (прим. ред.).



**Три «К» — три корифея
советской науки:
Сергей Королев,
Игорь Курчатов
и Мстислав Келдыш.
Июль 1959 г.**

во представителя псевдонаучного направления в биологии Трофима Лысенко и самого Никиты Хрущева — первого секретаря ЦК КПСС: авантюризм и безграничная самоуверенность, властолюбие. С того времени Хрущев сделал ядерное оружие основой своей внутренней и внешней политики. На заседании Верховного Совета СССР 31 марта 1958 г. Курчатов заявил: «Мы, советские ученые, глубоко взволнованы тем, что до сих пор нет международного соглашения о безусловном запрещении атомного и водородного оружия...». Эти слова — не обычная партийная риторика, а обращение к власти, в разумности действий которой он, по-видимому, не был так уверен, как выглядело на первый взгляд. Дальнейшие события подтвердили обоснованность тревоги.

Тяжелый груз ответственности лежал на плечах Игоря Васильевича. Будучи человеком высокоморальным, он и в сотрудниках, институте, атомной отрасли поддерживал эти стандарты. Вспомним как пример историю открытия в 1940 г. нового типа радиоактивного распада — спонтанного деления ядер урана, когда Курчатов инициировал и направлял работу экспериментаторов Георгия Флерова и Константина Петржака, но категорически отказался выступить соавтором статьи и ноу-хау. Разительный контраст, скажем, с поведением американского физика Уильяма Шокли в случае открытия в 1948 г. транзистора. И уже после смерти Игоря Васильевича я всегда ощущал влияние его моральных принципов на духовный климат в институте и даже в отрасли.

Создание им атомной науки, системы образования для нее, промышленности — это истинный и прекрасный в своей целостности акт творения. Высокоорганизованная область новой человеческой деятельнос-

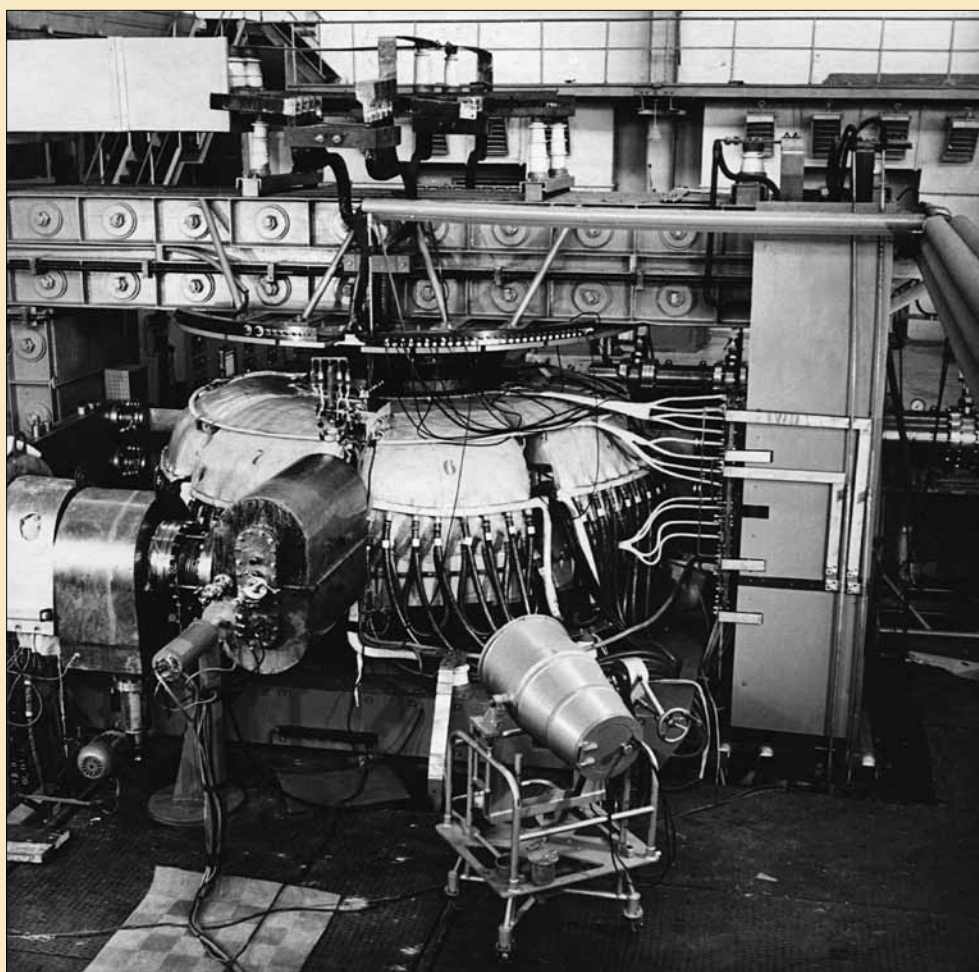
ти возникла из головы Творца. Курчатов втягивал в нее новых ученых, инженеров, технологов, управленцев, педагогов, врачей... Все 17 лет шел непрерывный процесс творчества. Вслед за испытанием бомбы он приступил к созданию атомного подводного и ледокольного флотов, спустил на воду первую атомную подводную лодку «Ленинский комсомол» (1958 г.) * и атомный ледокол «Ленин» (1959 г.). Появились новая отрасль атомного подводного и надводного судостроения, новая наука, новыми стали и технологии, 200 000 профессиональных рабочих мест.

В подмосковном Обнинске запустили первую в мире атомную электростанцию (1954 г.) и очень скоро (в 1957 г.) в Воронеже начали строить первый энергоблок Нововоронежской АЭС — самый мощный на момент пуска (1964 г.) энергетический реактор в мире. Становление атомной энергетики Советского Союза — еще одна драматическая история борьбы и преодоления кризисов. Ее основы создавали с размахом, далеким видением перспективы. Самолет с ядерной силовой установкой не полетел, что, может быть, и к лучшему. Но такие источники энергии успешно работали в космосе, и ядерные ракетные двигатели удалось разработать и испытать. Ближайшее будущее покажет, кто был прав в том давнем споре: Курчатов или скептики.

Игорь Васильевич тесно сотрудничал с основоположником практической космонавтики Сергеем Королевым** и главным теоретиком космической

*См.: Г. Гладков. Четыре поколения атомных субмарин. — Наука в России, 1999, № 3 (прим. ред.).

**См.: Н. Королева. Имя его и космос — неразделимы; Н. Севастьянов. Продолжая дело легендарного конструктора. — Наука в России, 2007, № 1 (прим. ред.).



**Термоядерная установка
Т-3 (1962 г.) — крупнейшая
по тем временам в Европе.**

науки и техники Мстиславом Келдышем*. Перед ними стояла общая задача в военной области, успешно и быстро решенная: создание водородной бомбы и средств ее доставки в любое место планеты. Но была очевидна и общность научного подхода к созданию ядерной и космической отраслей. Недаром в нашей памяти они так и остаются вместе — три «К»: Курчатов, Королев, Келдыш.

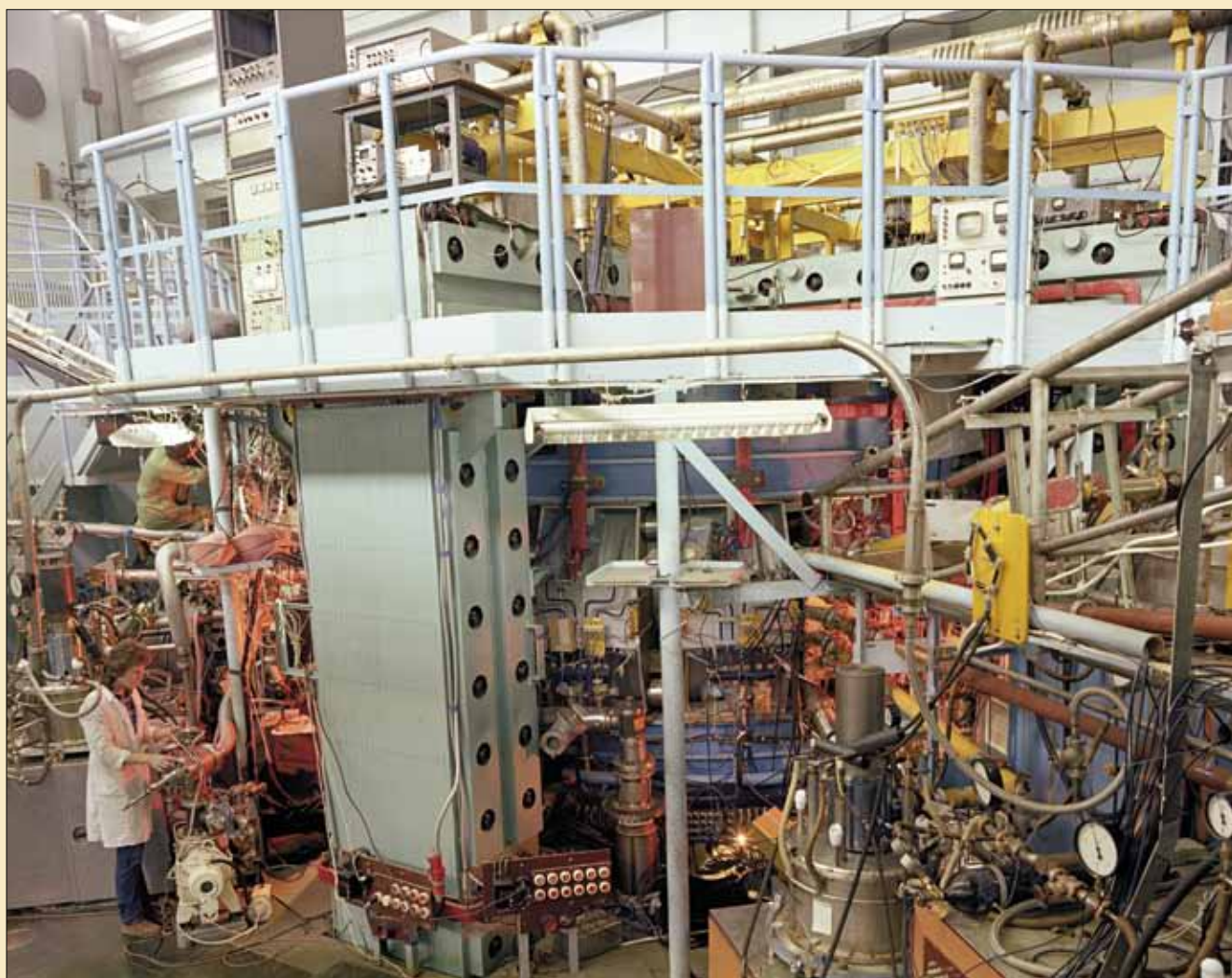
Игорь Васильевич не проглядел открытие транзисторов в 1948 г. и его массовый старт во время Корейской войны (1950–1953 гг.). Уже в начале 1950-х годов он поддержал развитие в институте работ супругов Виктора и Марии Гусевых по ионной имплантации полупроводников — новому методу, широко применяемому в микроэлектронике для массового производства интегральных схем, помог в организации промышленного производства имплантеров — установок для внедрения ионов высоких энергий в поверхность материала, до сих пор работающих в некоторых российских и европейских институтах. Не вина Курчатова, что советская система не совладала с

информационной революцией. Но это уже другая история.

Заветная мечта Игоря Васильевича — овладение управляемым термоядерным синтезом. С начала 1950-х годов он не только активно развивал эти работы в институте, но, как и в молодые годы, сам, безумно занятый и больной, организовывал их в Советском Союзе и реально участвовал в экспериментах, а также влиял на программу термоядерных исследований во всем мире. Его доклад об атомной энергетике и достижениях в области управляемых термоядерных реакций в Советском Союзе, прочитанный в 1956 г. в Харуэлле — научно-исследовательском атомном центре Англии, произвел огромное впечатление на западный мир и открыл эпоху международного сотрудничества, способствовал созданию транснационального термоядерного сообщества ученых и инженеров. Без его выступления в Великобритании не было бы успешно развиваемого проекта Международного экспериментального термоядерного реактора ИТЭР*. Это последний отрезок пути к созданию

*См.: Б. Четверушкин, К. Брушлинский. Наш директор; Л. Зеленый, О. Закутняя. Главный теоретик и стратег отечественной космонавтики. — Наука в России, 2011, № 1 (прим. ред.).

*См.: В. Глухих. На пороге термоядерной эры. — Наука в России, 2003, № 3; Л. Голубчиков. Токамак — интернациональный проект. — Наука в России, 2004, № 1 (прим. ред.).



Токамак Т-10 (1975 г.). Программа исследований на этой установке теснейшим образом связана с созданием Международного экспериментального реактора ИТЭР во Франции.

термоядерной энергетики — Солнца на Земле. Мечта, которую лелеял еще Прометей.

Курчатов заботился об официальном оформлении этих работ, начатых в 1951 г. по постановлению Сталина. Но главным его инструментом стал семинар «Т», неизменно заканчивавшийся конкретными решениями — через него Игорь Васильевич втягивал в орбиту деятельности нужных людей со всего Союза.

Дело было сложным, и развивалось оно не просто. Мои западные коллеги, не отрицая выдающейся роли Курчатова, говорят, что в Харуэлле он открыл работы по так называемым Z-пинчам — системам, предназначенным для сжатия горячей плазмы с целью достижения условий, необходимых для инициирования управляемой термоядерной реакции. Правда, тогда они выглядели достаточно бесперспективно, что Курчатов и не скрывал. Но визит Игоря Васильевича в Харуэлл проложил дорогу ко II Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии 1958 г., где открыто обсуждали почти все идеи, в том числе по

Z-пинчам. Оказалось, это не такая уж бесполезная вещь. Позже в российских и американских экспериментах было показано, что Z-пинч — лучший источник обжаривания реальной термоядерной мишени с нужным коэффициентом усиления.

Последняя любовь Курчатова — открытая магнитная ловушка «Огра» (название установки образовано из начальных букв двух слов «один грамм»), запущенная в его институте в 1958 г., — формально тоже не имела ожидаемого результата: одного грамма нейтронов в сутки не получилось. Но технологически без «Огры» и титанического труда верного помощника Игоря Васильевича доктора физико-математических наук Игоря Головина по созданию инженерной базы термоядерных исследований не было бы и успеха знаменитых теперь токамаков*.

Сегодня в необходимости термоядерной энергетики уверены почти все, вплоть до государственных

*См.: В. Стрелков. Создатель токамака. — Наука в России, 2012, № 4 (прим. ред.).

руководителей. Строительство международного термоядерного реактора уже началось в Кадараше (Франция). ИТЭР станет крупнейшей в мире экспериментальной установкой для демонстрации научной осуществимости термоядерной энергетики.

Игорь Васильевич — прежде всего великолепный физик, и судьбы науки как способа познания мира были ему близки. В сумасшедшей гонке 1940-х годов он не забывал о фундаментальных работах, в том числе по измерению времени жизни нейтрона. Еще в 1949 г. сотрудник его лаборатории Петр Спивак впервые наблюдал само явление бета-распада нейтрона — спонтанное превращение свободного нейтрона в протон, электрон и антинейтрино, вызываемое слабым взаимодействием. И только нелепая политика всеобщего засекречивания, с которой даже Курчатов не справился, лишила Спивака Нобелевской премии за это открытие, как и Евгения Завойского*, наблюдавшего в 1944 г. явление электронного парамагнитного резонанса.

Курчатов строил исследовательские реакторы в физических центрах России и союзных республик. В 1956 г. в подмосковном городе Дубна на базе филиала Лаборатории измерительных приборов АН СССР создал международный Объединенный институт ядерных исследований**. При этом передал туда крупнейший по тем временам синхротрон, а затем, поддержав идеи Георгия Флерова по синтезу трансурановых элементов, начал строить для него уникальный ускоритель многозарядных ионов У-300. Запущенный в год смерти Курчатова, он стал базой для синтеза ядер с атомным номером больше 100. На нем Флеров последовательно получил 102-й, 103-й, 104-й и 105-й элементы, один из которых назван им «курчатовием». К сожалению, предложение ученого не приняли в международных кругах. Сейчас на основе У-300 в Дубне создали современный ускорительный комплекс, открываются новые сверхтяжелые элементы. И, наверное, правильно было бы вернуться к рекомендации Флерова.

Игорь Васильевич, сам строивший в СССР первые циклотроны, прекрасно понимал значение ускорительной техники. Он поддержал идеи академика Владимира Векслера и организовал в Дубне сооружение самого мощного тогда в мире синхрофазотрона. В 1954 г. принял решение о строительстве ускорителей высоких энергий в Харькове (Украина), Гатчине (Ленинградская область) и Протвине (Московская область). В своем институте организовал экспериментальную лабораторию новых методов ускорения под руководством физика-теоретика Герша Будкера, предложившего оригинальный метод создания стабилизированных электронных пучков. Немногие тогда верили в эти дерзкие замыслы. Курчатов поверил. В 1958 г. на базе той лаборатории вырос Институт ядерной физики СО АН СССР в Новосибирске. И Будкер, уже как

его директор, начал создавать первые в мире ускорители на встречных пучках. Со временем здесь выросла физическая школа — сегодня одна из ведущих в мире в области ускорителей и физики высоких энергий. Фактически Курчатов основал в нашей стране базу современной ускорительной физики.

Не надо забывать, что именно ему мы обязаны сохранением в 1949 г. физики в России. А в те времена это было не так просто. Только в 1954 г. после смерти Сталина он добился освобождения физического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова от обскурантизма и мракобесия. В 1948 г. Курчатов еще не имел возможности предотвратить лысенковский разгром генетики. Но в середине 1950-х он вместе с Игорем Таммом начал ее реабилитацию и создал в стенах своего института отдел генетики, который, по понятным причинам, называли радиобиологическим. Сегодня это всемирно известный Институт молекулярной генетики РАН (Москва).

Конец 1950-х годов — время, когда после аварии в Челябинской области на Производственном комбинате «Маяк» (1957 г.) в нашей стране приходило осознание экологической опасности ядерных испытаний, гонки вооружений и радиационных проблем самого атомного производства. В 1958 г. по предложению Курчатова академик Андрей Сахаров сделал первые научные оценки последствий термоядерных испытаний в атмосфере, и это вскоре привело его в ряды инициаторов заключения Договора о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, в космическом пространстве и под водой (1963 г.).

Влияние Игоря Васильевича на развитие науки и образования в нашей стране огромно. Он — инициатор создания научных центров в Сарове, Обнинске, Дубне, Димитровграде, Снежинске, промышленных и научных ядерных центров Урала и Сибири. Он стимулировал рождение вузов мирового класса (московских физико-технического и инженерно-физического институтов, Научно-исследовательского института ядерной физики МГУ*), ратовал за кардинальную перестройку многих других учебных заведений. После I Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии 1955 г. Курчатов резко расширил участие российских ученых в международных форумах и исследовательских программах, прекрасно понимая, что наука интернациональна и полноценно развивается только в контактах с мировым сообществом ученых.

И еще он любил музыку и понимал ее.

Игорь Васильевич Курчатов — великий ученый России, созидатель и творец, каких не так много в истории человечества.

*См.: В. Михайлин. «Способности» релятивистского электрона. — Наука в России, 2012, № 5 (прим. ред.).

*См.: В. Попов. Первооткрыватель парамагнитного резонанса. — Наука в России, 2008, № 6; И. Силкин. Эффект резонанса. — Наука в России, 2012, № 1 (прим. ред.).

**См.: А. Сисакян. Мировая слава Дубны. — Наука в России, 2006, № 2 (прим. ред.).

ЗАЧИНАТЕЛЬ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ СОВЕТСКОГО СОЮЗА



Член-корреспондент РАН Виктор СИДОРЕНКО,
Национальный исследовательский центр
«Курчатовский институт» (Москва)

Я пришел в Лабораторию измерительных приборов АН СССР (ЛИПАН) старшим лаборантом в 1952 г., Игорь Васильевич умер в 1960-м. Восемь лет — и немного, и немало. Характер взаимодействия определялся кругом занимавших его проблем, стилем поведения, формой работы с сотрудниками института, вниманием к молодым. Могло начинаться и с мелочей. Моя фамилия оказалась на слуху из-за «Горячего сердца» Александра Островского. Встречая вечером после работы на аллее института молодого инженера, Игорь Васильевич издали и весело кричал: «Сидоренко, покажи, сколько у нас законов. Как будем судить: по закону или по совести?»

Игорь Васильевич Курчатов. 1950-е годы.



Курчатов на трибуне XXI съезда КПСС.
Февраль 1959 г.

В 1955 г. в привычном для того времени темпе вернулась работа по проектированию водяного реактора для атомной электростанции, в которую я активно включился в составе команды кандидата технических наук Сергея Скворцова. И подряд — несколько ответственных поручений от Игоря Васильевича.

Первое, несколько необычное, Борода (такое прозвище Курчатов получил от ближайших коллег за длинную бороду) дал накануне I Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии (1955 г.). Готовились к ней тщательно. В качестве репетиции Игорь Васильевич даже организовал специальную сессию АН СССР по этой тематике. В соответствии с порядком, установленным организаторами Женевской конференции, все доклады заранее разослали странам-участникам, в том числе и наш о материаловедческом петлевом реакторе МР, введенном в эксплуатацию в 1952 г. Американский на аналогичную тему был посвящен реактору MTR (1954 г.) с водяным замедлителем и пластинчатыми тепловыделяющими элементами. По конструкции активной зоны он выглядел привлекательнее, позволяя получить более высокие параметры нейтронного потока. Наш МР с графитовым замедлителем смотрелся несколько «старомодно». Выступать на конференции с советским докладом должен был известный специалист в области тепловой и ядерной энергетики член-корреспондент АН СССР Георгий Кружилин.

Пригласив меня в кабинет, Курчатов сформулировал задачу в своем духе: «Ты читал оба доклада и видишь выигрышность американского реактора. Нужно выявить и подчеркнуть достоинства нашей конструкции, чтобы она была представлена подобающе. Эти «старые песочники» ничего толкового не

сделают. Садись и пиши тезисы устного представления доклада на конференцию». (Уместно напомнить, что «старому песочнику» Георгию Никитовичу было тогда 43 года.) Мне кажется, я справился с заданием. В качестве основного преимущества нашей конструкции, и в частности выбора графита в качестве замедлителя, были названы существенно более благоприятные условия для размещения в активной зоне петлевых каналов с различными теплоносителями для испытания опытных тепловыделяющих элементов (твэлов).

Кстати, аббревиатуру «МР» Игорь Васильевич расшифровывал словами «М...Рыдания» (первое — не очень литературное в этом словосочетании) или просто «Рыдания». Вероятно, это было связано с неполадками пускового периода и неудачными результатами испытаний твэлов на исследовательских петлях. Вопрос о делах на реакторе он обычно задавал в форме: «Ну, как там Рыдания?».

Другое поручение относилось к 1956 г. И оно было полностью в духе курчатовского стиля общения с «молодыми». Готовился XX съезд КПСС. На базе всех проработок, обсуждений и предшествовавших решений, связанных с развитием атомной энергетики и выбором типов реакторных установок для атомных электростанций, Курчатов включился в подготовку Директив XX съезда по соответствующему разделу с формулировкой основных параметров программы сооружения мощных АЭС и опытных реакторов в шестой пятилетке (1955–1960 гг.). По существу, речь шла о первой программе атомной энергетики, чтобы подключить к ее реализации промышленные министерства. В мою задачу входило определение ее контуров, масштабов вводимых мощностей с распределением по типам электростанций и опытных энергетических



**Материаловедческий
петлевой реактор
в Институте атомной энергии
им. И.В. Курчатова.**

ческих установок. Тогда за счет атомной энергии предполагали получить 2–2,5 млн кВт электрической мощности. При этом намечали построить 5 АЭС с вводом в строй первых в конце 1958 г. Запомнились поездки к Игорю Васильевичу в Барвиху (Московская область), где на скамейке, стоявшей вдоль аллеи, уточнялись детали готовившихся документов.

Позже Скворцов вспоминал, как с ним встретился Игорь Николаевич Головин, в те годы первый заместитель директора института, и сказал: «Неудобно получается, Игорь Васильевич дает важные поручения Сидоренко, а он только инженер. Давайте представление, переведем его в старшие инженеры».

Ярко по эмоциональности впечатление осталось от времени подготовки ко II Женевской конференции 1958 г. Я делал один из докладов. В какой-то момент Игорь Васильевич обнаружил, что авторы срывают намеченные сроки представления текстов. Тогда он пригласил докладчиков от института в «хижину лесника» (в этот дом, построенный по просьбе Курчатова на «работе», он с женой и братом переехал осенью 1946 г. перед пуском реактора Ф-1), где на первом этаже в комнате слева мы и расселись на стульях по периметру.

Вошел Игорь Васильевич, удостоверился, что все явились, и сходу начал поочередно, со старших (помоему, первым воспитуемым был радиохимик Григорий Яковлев): «Ты что же это... трах-тах-тах!» (к литературным выражениям можно было отнести не более 10%). «А ты, молодой (это уже ко мне), а туда же?!». Затем, обведя веселыми глазами собравшихся, завершил: «Ну что, культурную речь я произнес? Идите, отдыхайте...».

Вся работа после этого была завершена за 3 дня. Если ответственность за порученное дело осмелиться назвать одной из основных характерных черт нашего

поколения атомщиков, то она и отсюда, от практического общения с таким Человеком.

Я назвал свой очерк «Зачинатель атомной энергетики Советского Союза». По-моему, это полностью соответствует реальному развитию событий и роли Курчатова в них.

Понимание того, что энергию деления урана необходимо эксплуатировать в мирных целях, было естественным для ученых и специалистов, привлеченных к созданию атомной бомбы. Уже в 1945 г. организацию «исследовательских работ по использованию внутриатомной энергии в мирных целях» включили в повестку дня Технического совета Специального комитета при Государственном комитете обороны (затем при Совете народных комиссаров СССР и с 1946 г. — Первом главном управлении при Совете Министров СССР). Поручение Техническому совету было дано 26 октября 1945 г. решением Специального комитета, подписанным председателем Лаврентием Берией, со ссылкой на предложения академика Петра Капицы.

В известном письме заместителю председателя Государственного комитета обороны, куратору атомного проекта Вячеславу Молотову (18 декабря 1945 г.) Капица подчеркивал, что «главное значение в применении атомной энергии лежит в мирных культурных целях, где ей предстоит революционизировать энергетику и ряд других ведущих областей техники», а в будущем «энергетика перейдет на атомную энергию, и очень возможно, что о сжигании угля, торфа и пр. в топках будут говорить как о варварстве, и это будет запрещено».

Игорь Васильевич был членом Специального комитета и Технического совета комитета (председатель Борис Ванников), но фактически, как директор Лаборатории № 2, стал «мозговым центром» и главной движущей силой всех работ по использованию атом-

**Первая в мире
атомная электростанция
в Обнинске (1954 г.).**



ной энергии. Лишь после испытания первой советской атомной бомбы в 1949 г. его назначили председателем Научно-технического совета Первого главного управления (НТС ПГУ) при Совете Министров СССР.

Исследования по «использованию урановых котлов для генерации электрической энергии» уже в 1946 г. предложили включить в перечень научно-исследовательских работ институтов АН СССР среди других, «связанных с изучением атомного ядра и использованием ядерных реакций».

Первые документально зарегистрированные официальные поручения Курчатова в Лаборатории № 2 о возможности энергетического применения графитового реактора с водяным охлаждением относятся к 1946 г.

На заседании НТС ПГУ 24 марта 1947 г. было принято решение (с учетом анализа зарубежных исследований, прежде всего американских) «приступить к научно-исследовательским и подготовительным проектным работам по использованию энергии ядерных реакций для энергосиловых установок, имея в виду заблаговременно подготовить развитие работ в этом направлении (применительно к самолетам, кораблям, электростанциям, локомотивам). Предложить Спецкомитету возложить общее научное руководство по этим проектам на членов совета — Курчатова И.В., Алиханова А.И., Семенова Н.Н., ближайшей задачей которых является разработка совместно с руководителем ведущих проектно-конструкторских групп координирующих технических заданий по энергосиловым установкам».

В 1948—1949 гг. были сделаны проектные проработки энергетических установок различных типов, а во второй половине 1949 г. уже рассмотрены результаты по реакторам — графитовому, охлаждаемому гелием («Шарик», Институт физических проблем АН СССР),

с бериллиевым замедлителем и гелиевым охлаждением (Лаборатория «В», расположенная в Обнинске в 105 км от Москвы, ныне Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского), графитовому с водяным охлаждением (Лаборатория измерительных приборов АН СССР). Одновременно в ЛИПАНе разрабатывали малогабаритный исследовательский реактор «Малютка», снабженный «экспериментальными отсеками», предназначенными для изучения элементов конструкций новых типов реакторов с газовым, водяным (для энергетических установок) и металлическим охлаждением (для процессов с воспроизводством и процессов на быстрых нейтронах).

В постановлении НТС ПГУ, подписанном заместителем председателя Курчатовым, отмечено: «Считать необходимым осуществление экспериментальной установки «Малютка» как установки, обеспечивающей возможность в короткие сроки и при малых затратах произвести изучение новых типов реакторов с большой интенсивностью поля нейтронов, реакторов для установок с воспроизводством вещества (на быстрых нейтронах), а также исследование в сокращенные сроки конструкций блочков обычных аппаратов».

Дальнейшие работы над этим проектом привели к появлению исследовательского реактора МР, сыгравшего важную роль в создании энергетических блоков.

К исходу 1949 г. в ЛИПАНе подвели итоги, обозначили перспективные направления использования ядерно-энергетических установок для кораблей, авиации, атомных электростанций и реакторов-«производителей», использующих бросовое тепло для получения электроэнергии.

Применительно к АЭС на первый план вышла проблема экономичности установки, стоимости ядерного топлива, необходимости решения задачи использова-



**Первая в СССР
атомная подводная лодка
«Ленинский комсомол»
(1958 г.)**



**Первый в мире
атомный ледокол «Ленин»
(1959 г.).**

ния в качестве топлива урана-238 и тория-232, накопления в реакторе нового ядерного горючего и его возвращения через химико-металлургический цикл.

По реализации вперед выходила разработка «конструкции атомного двигателя для кораблей (применительно к подводной лодке) в трех вариантах (водяное, газовое и металлическое охлаждение) мощностью двигателя 10 000 кВт на валу». Спецкомитет 18 ноября 1949 г. дал поручение Курчатову (с привлечением Александрова, Доллежала, Бочвара, Завенягина, Первухина) рассмотреть вопрос о возможных направлениях работ. Предложения были представлены уже 27 января 1950 г.

Основные идеи записки Курчатова касались «применения электростанций на атомной энергии с целью выработки только большого количества электроэнер-

гии для народного хозяйства (имеются в виду не двухцелевые реакторы, производящие электроэнергию попутно. — В.С.), например, взамен строительства обычных угольных электростанций». Среди главных проблем Игорь Васильевич выделил экономический фактор — стоимость кВт·ч. «...Даже при наличии дешевого урана в неограниченном количестве, — отметил он, — стоимость кВт·ч. атомной паровой электростанции, вероятно, не может быть снижена более чем на 20 процентов в сравнении со средней стоимостью кВт·ч. угольных станций. В силу этого паровая атомная электростанция должна уступать по экономичности крупным гидроэлектростанциям, дающим в 2—3 раза более дешевую электроэнергию, чем средние угольные электростанции». А потому на тот момент, считал Курчатов, АЭС «могут применять-

ся, главным образом, параллельно с угольными электростанциями, в особенности в районах с дорогим привозным углем, и пока еще нецелесообразны в районах, имеющих дешевую гидроэлектроэнергию».

В записке Игорь Васильевич обратил внимание на ряд показателей, делающих АЭС «незаменимыми в народном хозяйстве». Их можно «строить в любых отдаленных районах, не имеющих собственного топлива; доставка топлива — урана — на любое расстояние не имеет каких-либо ограничений». Кроме того, «большие запасы энергии в виде урана могут быть накоплены и храниться неопределенно долгое время; для обеспечения непрерывной работы в течение года электростанций общей мощностью 10 млн кВт требуется запас в 2 тыс. т урана (при выжигании из 1 т урана 10 кг урана) вместо скоропортящегося запаса в 100 млн т угля». При этом «становится возможным осуществление мощных (в несколько сот тысяч кВт) подземных резервных электростанций; такие электростанции на атомной энергии не требуют непрерывного подвоза угля, складов угля, дымовых труб и т.п. на поверхности земли». При необходимости, заметил также он, атомные электростанции могут быть частично переориентированы для производства плутония, пригодного для оборонных целей, при некотором сокращении выработки электроэнергии.

«Постройка и изучение атомных электростанций, — подчеркнул далее Игорь Васильевич, — должны привести к развитию техники и использованию новых способов получения электроэнергии (газовые турбины, увеличение коэффициента полезного действия преобразования тепла) с большим удешевлением атомной электроэнергии». Среди главных задач в этой работе он выделил три: «улучшение технологического процесса регенерации урана до степени, обеспечивающей выжигание 5–20 кг урана из тонны урана (увеличение глубины выработки, уменьшение потерь при переработке, увеличение степени воспроизводства активного вещества); повышение полезной температуры процесса в котле до такой степени, чтобы имелась возможность получать пар для турбин при нормальных параметрах (400–500°C при давлении 30–100 атмосфер); увеличение живучести атомного котла при указанных температурах и давлениях (увеличение срока службы технологических трактов и тепловыделяющих элементов без их смены до 1–3 лет)».

Таким образом, заключил Курчатов, строительство АЭС «является вполне целесообразным, и в настоящее время следует приступить к изучению способов преодоления имеющихся технических трудностей, в первую очередь — по улучшению технологического процесса».

В соответствии с намеченными приоритетами (разработка малогабаритных реакторов для судовых силовых установок) в Лаборатории «В» в 1950 г. начали подготовку к сооружению установки В-10, где должны были поочередно испытывать две разновидности гелийохлаждаемых реакторов: с графитовым (агрегат «Ш», разработанный в Институте физических проблем АН СССР) и бериллиевым замедлителем (агрегат «ВТ» Лаборатории «В»), позже к ним добавили

агрегат «ВМ» графитовый с водяным охлаждением, созданный Лабораторией № 2 и московским НИИ химического машиностроения.

16 мая 1950 г. Сталин подписал постановление Совета Министров СССР, предусматривавшее строительство в Лаборатории «В» опытной энергетической установки мощностью по паровой турбине до 5 тыс. кВт с тремя реакторами на обогащенном уране-235 (два уран-графитовых с водяным и газовым охлаждением и уран-бериллиевый с газовым охлаждением или расплавленным металлом) и ввод ее в действие в 1951 г.

Реальный разворот событий по проектам (в том числе переориентирование уран-бериллиевого реактора на охлаждение сплавом свинец-висмут), возможности обеспечения обогащенным ураном привели к решению строить в первую очередь агрегат АМ с водяным теплоносителем, о чем член Спецкомитета Авраамий Завенягин, курировавший цикл производства ядерного топлива, и Курчатов доложили Берии: «Агрегат АМ (с водяным охлаждением) имеет то преимущество, что в нем может быть более, чем в других агрегатах, использован опыт обычной котельной практики, низкая температура теплоносителя — 300°C исключает ряд трудностей конструкторского характера; общая относительная простота агрегата облегчает и удешевляет его строительство».

Это и предопределило дальнейшее развитие событий.

Доведенная в 1954 г. до сооружения электростанция с реактором АМ стала первой атомной электростанцией, включенной в энергосистему, чем и заслужила титул Первой в мире АЭС. Подача пара на турбину сопровождалась шуточным поздравлением Игоря Васильевича: «С легким паром!». Теперь 26 июня 1954 г. считают днем рождения атомной энергетики.

Передав научное руководство энергетическими водоохлаждаемыми графитовыми реакторами Лаборатории «В», Курчатов сосредоточил работу своего института на реакторах с замедлителем и охлаждением легкой водой — сначала для кораблей и судов, а затем АЭС и исследовательских установок.

К 1955 г. проработали и составили техническое задание на первый водо-водяной энергетический реактор (ВВЭР) для атомной электростанции. И характерно, что в докладе, сделанном в апреле 1956 г. в Харуэлле (Англия), где речь шла об общих направлениях и планах развития атомной энергетики в Советском Союзе, Курчатов подробно остановился на особенностях и деталях физики реакторов с замедлителем нейтронов на обычной воде. «Этим вопросам в продолжение последних лет уделялось большое внимание со стороны ученых института, директором которого я являюсь, — отметил Игорь Васильевич. — Реакторы с водяным замедлителем соединят высокий коэффициент воспроизводства ядерного горючего с простотой и компактностью конструкции. По нашему мнению, они являются перспективными для большой атомной энергетики ближайшего будущего». При этом он назвал 25 сотрудников, связанных с изучением физики ВВЭР: Фейнберг, Дроздов, Горюнов, Сто-



Курчатов в Научно-исследовательском атомном центре в Харуэлле (Англия). Апрель 1956 г.

ляров, Никольский, Катков, Анциферов, Бурков, Мухин, Комиссаров, Тарабанько, Левина, Осмачкин, Новиков, Саульев, Мостовой, Певзнер, Спивак, Еро-залимский, Кутиков, Кунегин, Немировский, Доро-феев, Лавренчик, Добрынин. Можно быть уверен-ным, что с каждым из них Игорь Васильевич работал персонально.

В мае 1955 г. научный штаб отрасли, возглавляемый Авраамом Завенягиным, Ефимом Славским и Игорем Курчатовым, выработал рекомендации по дальней-шему развитию энергетического реакторостроения, обозначив четыре типа установок: КС — с замедлите-лем из тяжелой воды и газовым теплоносителем на естественном уране; ВВЭР — с замедлителем и тепло-носителем — обычной водой под давлением и слабо-обогащенным ураном; АМБ — по типу реактора Пер-вой АЭС со слабообогащенным ураном; ЭГ — с гра-фитовым замедлителем и газовым теплоносителем на естественном уране. В соответствии с ними и были составлены Директивы XX съезда КПСС по разделу атомной энергии для шестого пятилетнего плана, ставшие темой выступления Курчатова. Постановле-ние от 16 марта 1956 г. определило строительство и пуск в 1956—1960 гг. Белоярской АЭС на Урале мо-щностью 400 МВт с двумя реакторами АМБ, Уральской АЭС (400 МВт с двумя реакторами КС), Московской атомной ТЭЦ в Ховрино (400 МВт с двумя блоками ВВЭР), впоследствии перенесенной на нововоронеж-скую площадку (г. Воронеж) и Ленинградской атом-ной ТЭЦ (200 МВт с одним блоком ВВЭР).

Наряду с этим для экспериментальной отработки систем Завенягин поручил построить в г. Мелекесс (Ульяновская область) опытные реакторы мо-щностью по 50 МВт: на быстрых нейтронах (БН-50), водяной кипящий (ВК-50), гомогенный на тории и уране (ТГ-50) и графитовый с натриевым теплоноси-

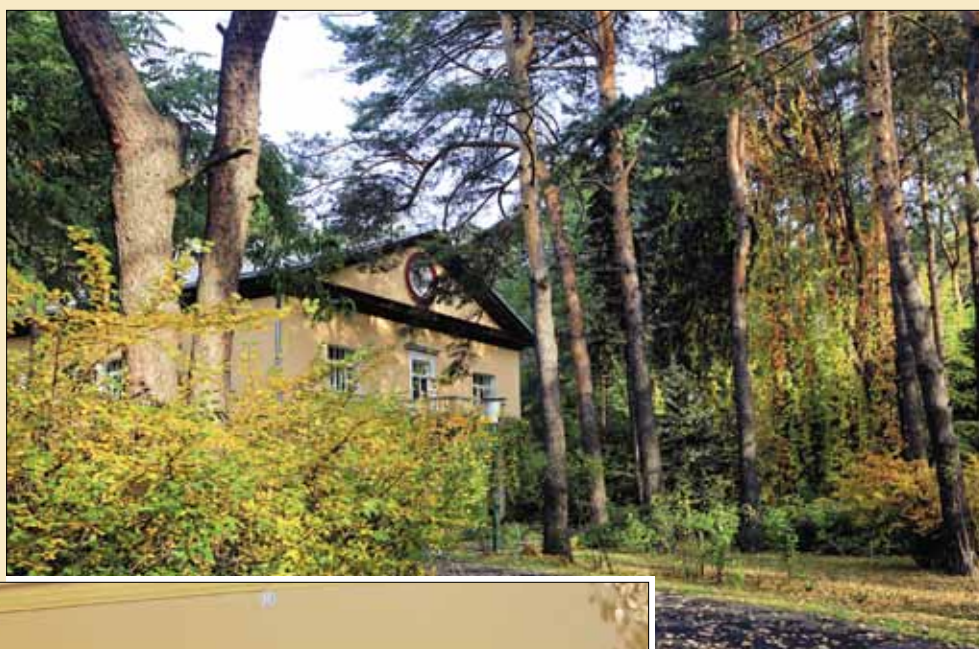
телем (ГН-50). Из них в разное время были сооруже-ны только первые два.

Научным руководителем работ по быстрым реакто-рам был назначен академик АН Украинской ССР Александр Лейпунский (Лаборатория «В»), тяжело-водным и гомогенным — академик Абрам Алиханов (Теплотехническая лаборатория АН СССР, затем Институт теоретической и экспериментальной физи-ки), ВВЭР и ВК-50 — академик Анатолий Александр-ов (ЛИПАН).

В таком оптимистическом планировании, конечно, сказывалось гипнотическое воздействие темпов рабо-ты над ядерным оружием. Реальные возможности промышленности заставляли постоянно корректиро-вать сроки сооружения объектов. Уже в октябре 1956 г. в план на шестую пятилетку внесли изменения, а 4 ап-реля 1957 г. определили уровень ввода мощностей АЭС в 1960 г. 1300 МВт против намеченных ранее 2175.

Вспоминаю эпизод из 1955—1956 гг., обозначивший для нас, «молодых», расстановку авторитетов «там, наверху». На НТС в Министерстве среднего машино-строения СССР, находившемся тогда на Ново-Рязан-ской улице, рассматривали один из первых вариантов проекта ВВЭР. По-моему, тот, где перегрузка кассет в реакторе производилась без снятия крышки через люк наверху при помощи пантографа, расположенно-го внутри корпуса и способного доставать их в любом месте активной зоны, за что и прозванного в те време-на первым заместителем министра среднего машино-строения Ефимом Славским «грузинским кувши-ном». Председательствовал Курчатов. И когда Ефим Павлович стал не очень кстати нажимать на какой-то вопрос, тот быстро его остановил словами: «Ты, Ефим, сиди».

Игорь Васильевич через руководство страны прила-гал огромные усилия по организации всех отраслей



**В этом доме
Игорь Васильевич жил
с 1946 по 1960 г.
Теперь здесь Мемориальный
дом-музей И.В. Курчатова.**

промышленности, от которых зависело выполнение намеченных планов. Одновременно шла работа по усовершенствованию проектов, увеличению мощности блоков ВВЭР. Уже в 1958 г. был поставлен вопрос о разработке применительно к Ленинградской АЭС реактора ВВЭР-М с увеличенной в 2 раза мощностью (400 МВт).

Особых усилий Курчатова потребовал 1959 г., когда Госплан СССР внес в правительство предложение о сокращении количества строящихся реакторов на Нововоронежской и Белоярской атомных станциях с двух до одного, а также о прекращении строительства Ленинградской АЭС, переносе сроков сооружения реакторов Нововоронежской АЭС на 2 года, а затем и вообще о ее ликвидации. В результате станцию, которую Курчатова и Александров рассматривали как

«опытно-промышленную установку, открывающую дорогу крупному направлению атомной энергетики — водо-водяным реакторам», удалось отстоять.

Пуск первого блока Нововоронежской АЭС состоялся в 1964 г. уже после смерти Игоря Васильевича (1960 г.). И она стала полигоном для отработки всех поколений водо-водяных установок: 1-й блок — 210 МВт, 2-й — 365, 3-й и 4-й — по 440, 5-й — 1000. Сотрудники института оправдали ожидания своего директора. ВВЭР действительно представляет крупное направление развития ядерных энергетических установок: к 2012 г. в Советском Союзе, а затем в России и ряде зарубежных стран было включено в энергетическую сеть около 70 таких энергоблоков единичной мощностью от 70 до 1000 МВт. Реакторы ВВЭР сыграли определяющую роль на ключевых

этапах становления и развития отечественной атомной энергетики. Сооружение первых блоков Нововоронежской АЭС подтвердило техническую осуществимость надежных промышленных энергоисточников на ядерном топливе. Первое поколение серийных реакторов ВВЭР электрической мощностью 440 МВт продемонстрировало экономическую конкурентоспособность АЭС. Второе поколение этих установок (440 и 1000 МВт), выполненных по новым требованиям безопасности, соответствующим международным нормам, создало техническую базу для уверенного присутствия на мировом рынке реакторных технологий. В критический период после аварии на Чернобыльской станции (1986 г.) ВВЭРы продемонстрировали свою безопасность и обеспечили устойчивость отрасли.

Как зачинатель атомной энергетики Советского Союза Курчатов сильно повлиял на дальнейшую ее эволюцию. В то же время в последние годы жизни с огромным энтузиазмом взялся за решение задач мирного применения энергии синтеза ядер.

В заключительной части целесообразно сформулировать общую картину развития отрасли в нашей стране от ее зарождения до конца XX в.

Начальные шаги, направления работ и научно-техническая база гражданской атомной энергетики практически полностью опирались на фундамент, заложенный для создания ядерного оружия и затем атомного флота, т.е. для военных целей. Этот потенциал подталкивал к демонстрации возможности использования процесса деления ядер для блага людей, а затем и освоения надежных и конкурентоспособных энергоисточников.

Технологический успех естественным образом подтолкнул масштабное развитие этого направления энергетики, чему весьма способствовали региональные условия экономической целесообразности и устранения зависимости от традиционных источников энергии. В результате ядерное топливо стали ускоренно внедрять в топливно-энергетический баланс многих промышленно развитых стран, в том числе и в Советском Союзе.

Однако сейчас можно утверждать: наращивание масштабов новой энергетической технологии опережало объективные глобальные энергетические потребности. Оно игнорировало сохраняющиеся экономические и технологические возможности целесообразного роста энергетики на органических видах топлива. Сформировавшееся в ядерном сообществе суждение о том, что атомная энергетика достигла «зрелости», оказалось несколько преждевременным. Естественно, настороженное отношение общества к ней, зародившееся с появлением ядерного оружия, быстро переросло в отрицание направления после крупных аварий на станциях. Определяющими в этом повороте стали события на Чернобыльской АЭС. В результате произошел резкий спад роста атомной энергетики в мире. В Советском Союзе, а затем и в России это проявилось самым трагическим образом.

Тем не менее, новая энерготехнология не стагнировала, а перешла в фазу «равновесного развития». Такое

положение соответствовало более сбалансированному использованию различных видов топлива с учетом региональных возможностей и экономической целесообразности. Центр тяжести атомной энергетики стал перемещаться в районы Азии и Дальнего Востока.

Теперь растет спрос на новые технологические решения, обеспечивающие снижение аварийного радиационного риска от ядерных энергоисточников и последствий их эксплуатации. Изменение общественного мнения в пользу наращивания доли ядерного топлива в топливно-энергетическом балансе должно опираться на демонстрацию реальной «зрелости» и безопасность этой технологии.

Переходный период сопровождается крайними суждениями в оценках развитых ядерных технологий и характера необходимых для следующего этапа, а также в «требованиях» к ядерным энергоисточникам и топливному циклу на новом витке истории. При этом некоторые специалисты склонны объявлять ошибочным весь спектр направлений атомной энергетики, зародившийся в период решения оборонных задач, и даже призывают «начать все с начала», подчиняя технические решения требованиям исключительно «мирного» развития. Такой подход представляется слишком однобоким. Впереди — неизбежное совершенствование ядерных энергоисточников в сторону «внутренне безопасных» конструкций, демонстрируемых, например, атомными станциями теплоснабжения, модульными газоохлаждаемыми реакторами, и поиск новых решений.

Принципиально важным в этом процессе становится понятие «преemptивность развития», в которое вкладывают различные слагающие технической политики. Прежде всего это прямая технологическая преemptивность, направленная на максимальную отдачу аккумулированных средств и накопленного потенциала (что немаловажно в кризисных условиях экономики). Далее, непрерывность процесса новых разработок и их реализации, когда новое создается параллельно с совершенствованием освоенного. И, наконец, последовательное развитие научно-технических и технологических концепций в связи с растущими требованиями к безопасности, определяющими динамику общественного мнения, и разнообразием применения ядерных энергоисточников.

Вряд ли уместно задаваться вопросом, какую точку зрения занял бы Игорь Васильевич в отношении атомной энергетики и как повлиял бы на нее в прошедшие десятилетия. История не имеет сослагательного наклонения. Но можно с уверенностью сказать: в любом случае это была бы позиция мудрого человека, озабоченного максимальным использованием достижений науки для блага человека и эффективного, устойчивого обеспечения энергетических потребностей всего человечества.

*Фотографии из архива
Мемориального дома-музея И.В. Курчатова*

НЕСКОЛЬКО НЕЗАБЫВАЕМЫХ ВСТРЕЧ



Доктор физико-математических наук Юрий СИВИНЦЕВ,
Национальный исследовательский центр
«Курчатовский институт» (Москва)

С Игорем Васильевичем Курчатовым судьба свела меня в 1948 г. Тот небольшой отрезок времени до его смерти в 1960 г. наложил отпечаток на мое отношение к жизни. До сих пор помню его острый, оценивающий взгляд, крепкое рукопожатие, совершенно неотразимую улыбку и, как теперь сказали бы, ауру задорного и удачливого человека.

Раздумывая сегодня над жизненным путем Игоря Васильевича, полагаю, что в тот год этот облик был в некоторой степени маской — ведь атомная бомба, на создание которой было брошено буквально все (мы тогда говаривали, что если бы вечером потребовалось птичье молоко, то утром стояла бы цистерна), еще не была взорвана... Не случайно в воспоминаниях руководителя Государственного комитета СССР по использованию атомной энергии члена-корреспондента АН СССР Василия Емельянова, опубликованных в свое время в журнале «Юность», содержится понятное сегодня признание, что после взрыва бомбы Курчатов разрыдался...

Курчатов в Подмоскowie. Первая половина 1950-х годов.



Здание, где размещался первый промышленный реактор «А» в Челябинске-40. 1950-е годы.

Знойное лето далекого, почти не видимого из сегодняшних дней 1948 г.

Получив по окончании физического факультета МГУ направление на работу, я направился искать, как потом узнал, Лабораторию № 2 АН СССР. Пояснения были очень детальны — доехать до последней станции метро (тогда это был «Сокол»), сесть на трамвай и сойти на остановке «Покровское-Стрешнево». Там по тропинке пройти через лес и овраг до жилых домов, где отыскать баню (!) и в торце слева позвонить у двери. Не без приключений, но и без вопросов к немногочисленным прохожим добрался до этой двери, на мой звонок вышел сотрудник отдела кадров. Забрал направление, вручил мне анкету на 16 листах (в двух экземплярах) и предупредил, что исправления в ней недопустимы. Никаких разговоров о работе, никаких встреч с будущими моими начальниками...

Обратно пошел вдоль несолидного забора из досок, дошел до железнодорожного тупика (теперь это площадь Академика Курчатова) и с трудом возвратился к трамвайной линии.

Пока шло «оформление на работу», а оно протянулось около полутора месяцев, регулярно названивал в отдел кадров и иногда получал указание явиться на встречу с кем-либо из ведущих сотрудников Лаборатории. Ошеломляющим было знакомство с Георгием Флеровым, имя которого я не мог не знать из истории ядерной физики. Немного прояснила будущее беседа с Леонидом Прошевым, читавшим у нас на последнем семестре курс спектроскопии. Другие, столь же молодые и энергичные, были незнакомы... Как правило, каждая встреча начиналась вопросами: чем бы хотел заниматься и почему? Выполнив дипломную работу

по широтным ливням космических лучей, я «пел дифирамбы» этой физике и, как теперь понимаю, немногим из собеседников казался полезным в их работах по физике реакторов. Эта тягостная по неопределенности пора закончилась тем, что я получил допуск и был назначен в сектор № 7 к Флерову. В его коллективе в те годы шли исследования деления урана космическими лучами.

Здесь месяца через 2–3 и произошла моя первая случайная встреча с Игорем Васильевичем.

Наша группа, готовясь к высокогорной экспедиции на Памир (горная система на юге Средней Азии на территории Таджикистана), занимала тогда так называемый аквариум — стеклянный простенок между комнатами третьего этажа главного здания Лаборатории. Отсюда было ближе всего до лестницы, что облегчало так называемую «работу по специальности» (то есть физическую) по перетаскиванию тяжелой аппаратуры к автомашинам. Сюда-то и забежал Курчатов с каким-то вопросом к Флерову. Зная всех поименно, Игорь Васильевич увидел незнакомое лицо и, шутя, спросил Георгия Николаевича: «Новый кадр?». Так я впервые был представлен Курчатову.

Когда я прочитал в приказе, что, окончив МГУ, принят на работу старшим лаборантом, это неприятно поразило меня. Стоило учиться в университете, думал я, чтобы заслужить такую должность вместо ожидавшегося звания младшего научного сотрудника.

Обиженный словами «лаборант» (хотя и старший!), я лишь позднее узнал, что уже тогда у Курчатова сложилась утерянная потом в нашем институте система практической проверки пригодности молодого специалиста. Звание младшего научного сотрудника надо было заслужить, принимая участие в одной из работ,

защитить и лишь потом получить назначение на должность. Через полтора года мне (старшему лаборанту!) предоставили на Ученом совете слово для такого доклада о результатах исследования, выполненного во время памирской экспедиции. Честно признаюсь, состояние перевозбуждения было столь большим, что ничего не помню из подробностей этого дня. Даже при защите кандидатской, а потом и докторской диссертации на том же совете волновался меньше...

По итогам обсуждения я получил машинописную выписку из решения Ученого совета, подписанную ее председателем Игорем Курчатовым и ученым секретарем Сергеем Барановым, где сообщалось о присуждении мне ученого звания «младший научный сотрудник». Эта вторая, тоже мимолетная встреча с Игорем Васильевичем интересна лишь свидетельством внимания Курчатова к молодым специалистам. Он сам слушал их доклады, задавал вопросы, явно «прошупывал» глубину знаний и умение работать. Несколькими годами позже нам доверили по такой же многоступенчатой схеме подбирать дипломников и выпускников вузов при формировании наших лабораторий, секторов и отделов.

Завершение исследований по физике деления урана космическими лучами сопровождалось для меня переводом в сектор № 1 к Игорю Панасюку и началом работ на первом в нашей стране и на континенте Евразии исследовательском реакторе, получившем впоследствии название Ф-1*. Здесь, будучи сначала оператором, а затем дежурным физиком, я чаще встречался с Игорем Васильевичем. Он, вероятно, скучал по экспериментальной работе и нередко забегал в «монтажку» — так называли этот объект на необъятной, пустой и почти безлесной территории института — поучаствовать в очередном пуске. Это были либо измерения реактивности при загрузке партии урана и оценке таким образом ее качества, либо определение наведенной активности индикатора в опытах по облучению проб. В эти немногие минуты измерений Курчатов был неразговорчив, погружен в себя, почти не видел окружающих. Зримо ощущалось бремя огромной ответственности.

Новые встречи с Игорем Васильевичем — работы в конце 1940-х — начале 1950-х на Урале в Челябинске-40**. В тот период Курчатов начал готовить Евгения Воробьева — зрелого человека и опытного физика, выросшего в секторе Флерова, к должности научного руководителя базы промышленных реакторов. Как я теперь понимаю, Игорь Васильевич стремился «развязать себе руки» для полного переключения на работы по созданию ядерного оружия. В частые совместные поездки с Курчатовым на Урал Воробьев брал с собой в помощники многообещающего теоретика Георгия Батя и меня как экспериментатора,

прошедшего к тому времени в Москве две обязательные ступени работы на реакторе Ф-1 в качестве оператора и дежурного физика. Прилетая, а иногда и приезжая в Челябинск-40, мы останавливались в городе почти на берегу озера в коттедже для москвичей на Школьной улице, рядом с которым находился такой же домик Курчатова. Полученные пропуска с двумя штампами «Всюду» и «Всегда» давали возможность работы в особо охраняемой зоне.

Кстати говоря, режим сохранения секретных сведений был тогда безусловно высокоэффективным. Приведу в доказательство два примера. Один из них связан с моментом, когда мы находились на базе в кабинете Игоря Васильевича, и очередную его встречу с Воробьевым прервал порученец со срочной ВЧ-граммой (телеграмма, передаваемая по высокочастотной связи). Для читателей, не имевших счастья знакомства с режимом защиты секретных сведений, надо добавить: в тот период времени предусматривалось все, чтобы даже хищение секретного документа не носило катастрофического характера. В текст вносили мнимые адреса, вроде Челябинска-40, шифры основных терминов, а адресатов называли условными именами. В частности, Курчатова в переписке — академиком Бородиным, реакторы — кристаллизаторами, плутоний — продуктом Z и т.д. Кроме того, внутри каждого объекта существовала еще одна, своя система условных обозначений в используемых документах (!).

В случае, о котором идет речь, исполнитель или работники первого отдела по ошибке направили «Академику Бородину» текст с внутренними шифрами. Курчатов долго вчитывался в полученную ВЧ-грамму, потом протянул ее Воробьеву и в заключение мне: «Вы что-нибудь поняли?». После нашего общего недоумения Игорь Васильевич выразил восхищение мастерством автора письма и в соответствии с законами ознакомления со срочными секретными документами написал на нем: «Читал, но ничего не понял». И дал указание вернуть письмо его автору.

Другой пример из моей личной практики. Проработав уже более года у Флерова, где занимался нанесением порошкообразного урана на пластины ионизационных камер деления (мы это делали, втирая порошок в пористый алюминий), я вдруг пришел к идее возможного количественного определения нанесенного урана. Для этого достаточно облучить его в поле тепловых нейтронов реактора вместе с активационным индикатором. Но где взять такой реактор?! Пошел за советом к Воробьеву, руководившему в то время экспериментами в секторе Флерова, и узнал, что... реактор Ф-1 работает на нашей территории, вот за тем лесочком! Но об этом знают лишь те, кому это надо действительно для дела...

Вернусь к работам на базе. Большую часть времени они проходили в небольшом лабораторном корпусе, размещавшемся в двух-трех километрах от промышленных реакторов, где мы готовили экспериментальную или пусковую аппаратуру. Сами опыты вели на

*См.: Н. Черноплеков. На заре атомной энергетики. — Наука в России, 2006, № 6 (прим. ред.).

**См.: М. Хализева. Без права на ошибку. — Наука в России, 2008, № 4 (прим. ред.).

работающих или готовящихся к пуску реакторах. Дорога от здания до установок шла по роскошному уральскому лесу и занимала минут 30–40.

Помню, в ту пору Игорь Васильевич ходил довольно тяжело, хотя и с неизменными озорными «подначками». Ярко запечатлелся один из таких походов на промышленный реактор и обратно. Это было время подготовки к пуску аппарата АИ — промышленно-исследовательского уран-графитового реактора, для которого ожидался положительный температурный коэффициент реактивности*, что, конечно, вызывало особые опасения. Ведь его мощность должна была возрастать по мере разогрева урана, загруженного в активную зону. «Папа» теоретиков-реакторщиков Савелий Фейнберг, шедший мерным шагом рядом с возглавлявшим группу Курчатовым, всю дорогу подробно объяснял, почему у такого аппарата должен быть положительный коэффициент реактивности... В тревогах, особенно осторожно провели опыты и с радостью убедились в том, что, к счастью, этот коэффициент отрицателен.

На обратном пути всю дорогу к нашему корпусу Савелий Моисеевич объяснял нам закономерность такого поведения нового реактора. Шедший рядом Игорь Васильевич похмыкивал, но не мешал. Возвратились мы к обеду, и за столом Курчатов предложил выпить шампанского в честь пуска реактора (кстати, это событие по тем же причинам секретности все тогда называли «свадьбой»). Подготовка прошла не без приключений: неумелый лаборант, взявшийся открыть бутылку, ухитрился обрызгать шампанским почти всех участников застолья, включая Игоря Васильевича. И снова урок для нас — никакого взрыва негодования или брани с его стороны. А ведь социальный диапазон, разделявший участников встречи, был невероятно широк: вождь атомной проблемы и лаборант. В таких мелочах ярко проявлялся Курчатов как человек прекрасных душевных качеств — он никогда не позволял делать замечания подчиненным любого ранга при посторонних. Отряхнувшись от брызг и отмахнувшись от извинений, Игорь Васильевич поднял бокал и провозгласил здравицу в честь достижений современной науки, которая с одинаковым успехом объясняет как положительную, так и отрицательную величину температурного коэффициента реактивности и даже его отсутствие. Как мог он упустить случай дружески подтрунить над своим помощником!

Эта его привычка не миновала и автора данных строк — за чрезмерную восторженность, громкоголосие и самоуверенность (особенно в те, молодые годы) Курчатов окрестил меня «угрюмым, тихим, скромным малым» и многие годы употреблял этот сино-

ним, тормозя мои порывы. Помню, как на настойчивое и неоднократное «наседание» на Курчатова — а я был убежден, что он уделяет мало внимания вопросам безопасности, — Игорь Васильевич даже назвал меня демагогом и добавил: «Вот когда решим задачу номер один, тогда и займемся безопасностью». Мог ли я предвидеть, что эта проблема станет новым этапом моих встреч с Курчатовым?

В начале 1950-х годов, завершив работы в одной из командировок на базу, я получил необычную команду Курчатова «осмотреться и выбрать себе работу по вкусу» в Москве. Новый виток «смотрин» успехов и проблем в секторах Виктора Войтовецкого, Леонида Грошева, Леонида Неменова, Николая Правдюка, Петра Спивака, Георгия Флерова. Помню затемненную комнату, наши с Войтовецким склоненные головы над только что протертыми до блеска кристаллами нафталина, прижатыми к источнику гамма-квантов, еле видимые вспышки сцинтилляций, взрыв восторга, показ этого тогдашнего чуда Бороде. (Так многие уже называли, за глаза, конечно, Курчатова. Среди начальников секторов тогда было принято спрашивать при встрече: «К кому идешь — к Бороде или Усам?», поскольку первый заместитель Курчатова Игорь Головин имел роскошные усы.)

Период долгих — недели две — поисков нового места работы прервал неожиданный звонок неизменного секретаря Курчатова Татьяны Сильвестровны Александровой: «Вас просит зайти Игорь Васильевич». Бегу, открываю дверь кабинета и, оторопев, вижу начальников секторов, с которыми успел ранее повидаться. Курчатов, видимо, уже в завершение встречи, кратко сообщал, что принял решение и подписывает приказ, которым назначает меня начальником отдела дозиметрии и безопасности. Это было крушение моих надежд — вместо интересной научной работы заниматься дозиметрией и безопасностью, к которым мы тогда относились, мягко выражаясь, иронически. На мои попытки возразить: «Я ведь не специалист ни в том, ни в другом!» — Курчатов жестко сформулировал задачу: «Научись! А если не справишься — заменим другим»...

С той поры у меня, молодого 26-летнего начальника отдела, установились регулярные встречи с Курчатовым и Головиным. Они были частыми, долгими и поучительными. Игорь Васильевич любил, присмотревшись к молодому человеку, поручить ему конкретную задачу. К тому же терпеливо, заботливо учили нас — а таких, неопытных и незрелых начальников, было много — «делать дело», четкой организации и законам проведения научно-исследовательских работ, взаимоотношениям с коллективом и вышестоящими сферами и многому другому. Неправильно было бы понимать этот процесс как безоблачное небо. На самом деле за каждой ошибкой следовало наказание и иногда очень суровое. Но было оно прежде всего справедливым, соответствующим упущению, и, главное, никогда не сопровождалось уни-

*Температурный коэффициент реактивности — величина, используемая для оценки влияния мощности реактора на его реактивность. Положительно влияет на проблему самозащитенности реактора его отрицательное значение, поскольку означает, что при росте мощности или снижении расхода теплоносителя он будет самозаглушаться (прим. ред.).

**Курчатов (крайний слева)
и его коллеги после
успешного пуска
первого промышленного
плутониевого реактора.
1948 г.**



жением человека. Выговор происходил с глазу на глаз, тебе давали совет, как поступать в следующий раз, и ничто не перечеркивало твоей прежней жизни. В Курчатовском институте ценили человека за его отношение к делу, а не к власти предрешающим.

На всю жизнь запомнил я «похмелье» после ночного совещания, которое Игорь Васильевич организовал (кажется, летом 1954 г.) по поводу начала серийного производства разработанных в нашем отделе дозиметрических приборов. Это были первые отечественные дозиметры тепловых и быстрых нейтронов на основе сцинтилляционных детекторов. Готовя ответственную встречу и заблаговременно подбирая докладчика, Курчатов был исключительно разборчив. Как-то я услышал от него афоризм: «Научный работник должен быть, как бог Саваоф, един в трех лицах — раб, арап и прораб. Раб — на рабочем месте, прораб — при внедрении в жизнь итогов своей темы, арап — на трибуне, представляя ее результаты».

В ту ночь я выступил с неудачной программной речью... На следующее утро, часов в 11, Курчатов вызвал меня к себе и припечатал: «Ты, Сивинцев, сделал плохой доклад (кстати, обращение на «ты» было у Игоря Васильевича признаком доброго отношения, а не раздражения. — Ю. С.). Не быть тебе руководителем союзной программы дозиметрического приборостроения! Пусть будет тебе это уроком». Такой жесткий, но справедливый вывод, надолго засевший в душу, со временем научил меня уверенно держаться на заседаниях Научно-технического совета (НТС) Министерства среднего машиностроения (сокращенно Средмаш) и нашего Ученого совета. Здесь к месту сказать, что Игорь Васильевич очень быстро включил меня в члены секции НТС, занятой

проблемой радиационной безопасности. Ее работой в те годы руководил заместитель министра здравоохранения Аветик Бурназян, с которым потом я много встречался по делам института и Военно-морского флота. Курчатов считал взаимно полезными контакты научных сотрудников, занятых на объектах, и работников министерства, больше контактирующих с руководящими бумагами и в силу этого имеющих достаточно широкий взгляд на проблему.

Мой провал на ночном курчатовском совете имел еще одно важное последствие. Игорь Васильевич, обеспокоенный недостаточной приборной оснащенностью отрасли, решил передать задачу дозиметрического приборостроения в другой коллектив. Это было недавно созданное в системе Средмаша Центральное конструкторское бюро № 1 (ЦКБ-1, ныне московский Специализированный научно-исследовательский институт приборостроения), которым в те годы руководил Сергей Мамиконян. Для укрепления ядерно-физического отдела туда перевели из нашего коллектива группу достаточно умелых и опытных сотрудников, склонных к разработкам приборов. Вместо них, отданных с болью и кровью, к нам пришли новые молодые специалисты, тяготеющие к научной работе. Так Игорь Васильевич снова проявил свою прозорливость.

В проблеме безопасности комплексный научный подход важнее отдельного направления, хотя бы и крайне актуального... В тот период удалось ощутить и преимущества курчатовской системы конкурсного подбора кадров из выпускников вузов. Новые люди, новые темы, новые успехи. Быстрое решение нескольких задач — от упомянутых дозиметров нейтронов до спектрометрии аэрозолей — выдвинуло



**Здание
«монтажных мастерских»
и графитовая кладка
реактора Ф-1 сегодня.**

нескольких лидеров: Смирнов, Чернилин, Чернышев, Чубаков, перешедший к нам из циклотронной лаборатории, возглавляемой Леонидом Неменовым, и много сделавший для воспитания молодых. Смирнов первым из нашего отдела представил и защитил кандидатскую диссертацию, за ним со вре-

менем последовали и другие. С помощью Курчатова нам удалось организовать, провести и издать труды первой и второй всесоюзных конференций по дозиметрии ионизирующих излучений (несекретных) и принять солидное участие в закрытой конференции по радиоактивным аэрозолям. Нам везло и нас несло!

С удовольствием вспоминаю и одно из первых поощрений. Узнал я о нем самым необычным образом. В то время работающие с излучением каждый год проводили в отпуске около месяца в Крыму или на Кавказе. Загорая осенью на сочинском пляже, я вдруг обнаружил около себя человека в полной «парадной форме» — в костюме, при галстук и в шляпе. Каково же было мое изумление, когда я узнал в нем своего заместителя Льва Авксентьевича Маркова! «Лев, который Ав», как мы его называли, с гордостью рассказал, что Игорь Васильевич, познакомившись с результатами удачно выполненных в нашем отделе исследований, решил издать на их основе несколько препринтов и срочно представить на конференцию в Сухумском физико-техническом институте (г. Сухум, Республика Абхазия) серию докладов.

Снова отвлечусь, вспомнив характерную находчивость Курчатова, связанную с названием нашего отдела. Во время одной из первых плановых встреч мне довелось быть у Игоря Васильевича вместе с метеорологом Николаем Серебряковым — тогда мы воздвигли метеомачту около РФТ (реактора для физических и технических исследований) в попытке мгновенно (как теперь сказали бы, в режиме on-line) вычислить и «поймать» зону пиковых концентраций веществ. Во время нашей беседы Курчатову принесли приказ переименовать все отделы Лаборатории измерительных приборов, дав названия, далекие от истинных. Игорь Васильевич чертыхнулся, взметнул взгляд на Серебрякова:

— Ты кто?

— Метеоролог.

— Вот и будете — отдел метеослужбы!

Так родился первый эвфемизм. За ним последовали и были на многие годы закреплены столь же удачные находки: отдел оптических приборов вместо ядерных реакторов, отделы приборов теплового контроля и электроаппаратуры вместо газодиффузионного и электромагнитного разделения изотопов и другие. Тем не менее злые языки еще долго говорили, что «ОМС — это Отдел Маркова и Сивинцева».

Марков передал мне приглашение Курчатова присоединиться к делегации, если я захочу прервать свой отпуск. Восторг от высокой оценки наших работ был столь силен, что я остался на пляже, а мои коллеги, по оценкам сухумцев, «блистали своими докладами» на конференции. Именно в эти годы мы становились на ноги, превращались в зрелых людей, все меньше нам требовалась помощь Курчатова или Головина.

Но снова вернусь к младенческому периоду жизни нового отдела, которому сразу предоставили штатные вакансии, финансовые средства и помещения (шлакоблочный двухэтажный дом за механическими мастерскими Отделения ядерной физики, доживший до наших дней). В одной из первых бесед, которая шла в «закуточке» за официальным кабинетом Курчатова, Игорь Васильевич поставил ближайшие задачи. При этом нельзя не упомянуть еще одну его черту. Учитывая нашу неопытность, он прикрепил к нам научных кон-

сультантов высокого ранга — своих замов — академиков Михаила Миллионщикова и Сергея Соболева, профессоров Александра Аглинцева и Игоря Поройки, кстати, полного тезку и школьного приятеля Курчатова, специализировавшегося в области дозиметрии. Каждому из них Игорь Васильевич позвонил и заочно представил нас, не упустив возможности пошутить: сотрудники нового отдела, сказал он, очень молоды, но со временем они избавятся от этого недостатка.

Конечно, консультации с учеными такого ранга здорово помогали. Тем более что в то время практически полностью отсутствовали монографии по нужным нам вопросам на русском языке, а зарубежные публикации еще не были доступны. Лишь годами позже развернул свою деятельность «Атомиздат», в становлении которого видную роль сыграл Виталий Кулямин (между прочим, выполнивший дипломную работу у нас). С подачи Игоря Васильевича сотрудники отдела стали активно работать с издательством как переводчики и научные редакторы. Так же энергично Курчатов подключал нас к участию (совместно с радиобиологами) в исследованиях по обоснованию допустимых концентраций радиоактивных веществ и доз облучения персонала и населения, созданию норм и правил радиационной безопасности для отрасли и Академии наук СССР. Отсюда появились и окрепли связи отдела с Институтом биофизики Академии медицинских наук СССР, которым в те годы руководил академик Андрей Лебединский, с Национальной комиссией по радиационной защите при Министерстве здравоохранения СССР, работавшей поначалу под эгидой академика Августа Летавета, а позднее — академика Леонида Ильина, и особенно с учреждениями Третьего управления Министерства здравоохранения СССР и упомянутым Бурназиевым.

Спустя пять лет перед повзрослевшим отделом и выделившейся из него лабораторией (сектором № 5) поставили уже не только институтские, но и общесоюзные задачи: создание систем радиационной безопасности для первой отечественной атомной подводной лодки «Ленинский комсомол» (1958 г.) и первого в мире атомного ледокола (1959 г.), еще не носившего имя Ленина. Но это уже другое время и другой рассказ.

В те годы Курчатов много болел, мы виделись все реже...

Последнее мое свидание с Игорем Васильевичем — горькая минута в почетном карауле у его гроба в Колонном зале Дома союзов, буквально через несколько дней после краткой встречи в коридоре главного здания, дружеской улыбки и, как всегда, крепкого рукопожатия со словами: «Физкульт-привет, утруемый малый!».

Сколько бы ни прошло лет, эта рана всегда будет ныть...

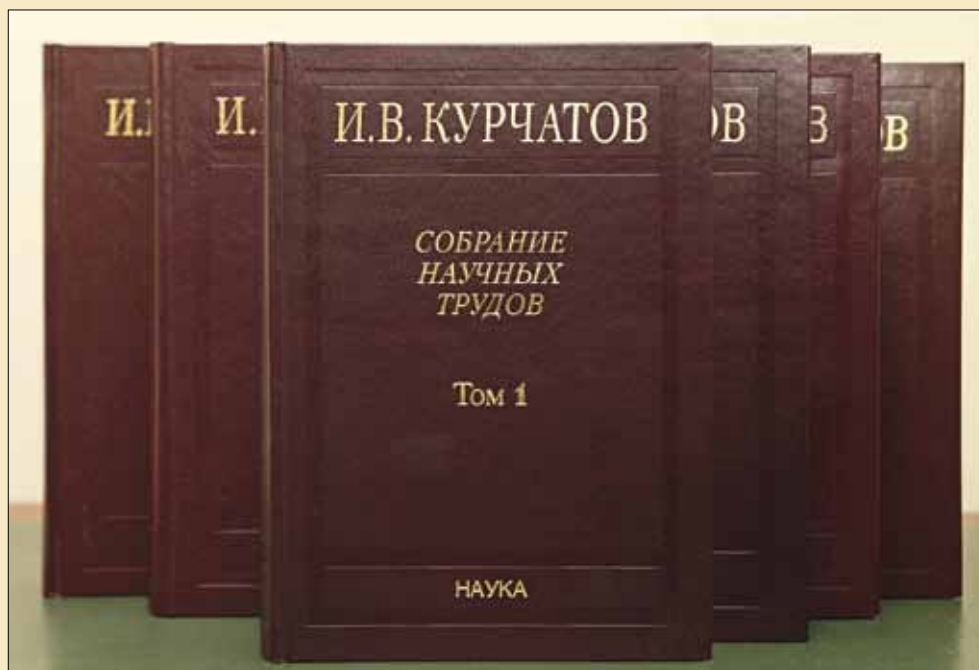
*Фотографии из архива
Мемориального дома-музея И.В. Курчатова*

НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ АКАДЕМИКА КУРЧАТОВА



Доктор исторических наук Раиса КУЗНЕЦОВА,
кандидат химических наук Виктор ПОПОВ,
Национальный исследовательский центр
«Курчатовский институт» (Москва)

В 2012 г. Академиздатцентр «Наука» РАН завершает выпуск шеститомного Собрания научных трудов академика Игоря Васильевича Курчатова. Издание, отражающее широту, глубину его научных интересов и достижений в области физики твердого тела, ядерной физики и техники, междисциплинарный подход в исследованиях, масштабную организаторскую работу в реализации крупнейших государственных научно-технических проблем, осуществляется по совместному решению Российской академии наук, Федерального агентства по атомной энергии РФ (ныне государственная корпорация «Росатом») и Российского научного центра «Курчатовский институт» (ныне Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт») от 13/23 августа 2004 г. Материалы к публикации готовили сотрудники Курчатовского института и «Росатома». Редакционную коллегию Собрания возглавил президент РАН академик Юрий Осипов, его заместителями стали академик Борис Мясоедов и член-корреспондент РАН Николай Черноплеков (с 2008 г. — член-корреспондент РАН Виктор Сидоренко).



Шеститомное Собрание научных трудов академика Игоря Васильевича Курчатова.

Долгое время многие работы из обширного научного наследия Игоря Васильевича Курчатова оставались недоступными по режимным соображениям и на момент принятия решения о его издании не были собраны, рассекречены и систематизированы. Вышедшие в 1983 г. в издательстве «Наука» «Избранные труды» ученого в трех томах, содержащие главным образом его довоенные работы, а также два десятка работ 1940–1950 гг. (некоторые отчеты Лаборатории № 2 АН СССР, доклады, прочитанные в английском центре ядерных исследований, выступления на сессиях Верховного Совета СССР и съездах КПСС, статьи, опубликованные в научных журналах) недостаточно отражали вклад Игоря Васильевича в решение задач атомного проекта.

Работа над Собранием научных трудов в шести томах началась в 2004 г. со сбора и систематизации публикаций Курчатова в научных журналах и сборниках, статей в печати, наиболее важных научно-технических отчетов, докладов на различных собраниях, выступлений на общественных и политических форумах, документальных материалов. Тогда же сотрудники приступили к экспертному рассмотрению и рассекречиванию материалов, хранившихся в закрытых архивных фондах, поиску и отбору известных ранее только очень узкому кругу специалистов документов Игоря Васильевича в открытых архивах. Поэтому многое из наследия ученого в настоящем Собрании публикуется впервые.

В первый том «Ранние работы. Полупроводники. Диэлектрики. Сегнетоэлектрики» (ответственный редактор член-корреспондент РАН Николай Черноплеков), вышедший из печати в 2005 г., включены труды Курчатова, выполненные еще до его прихода в

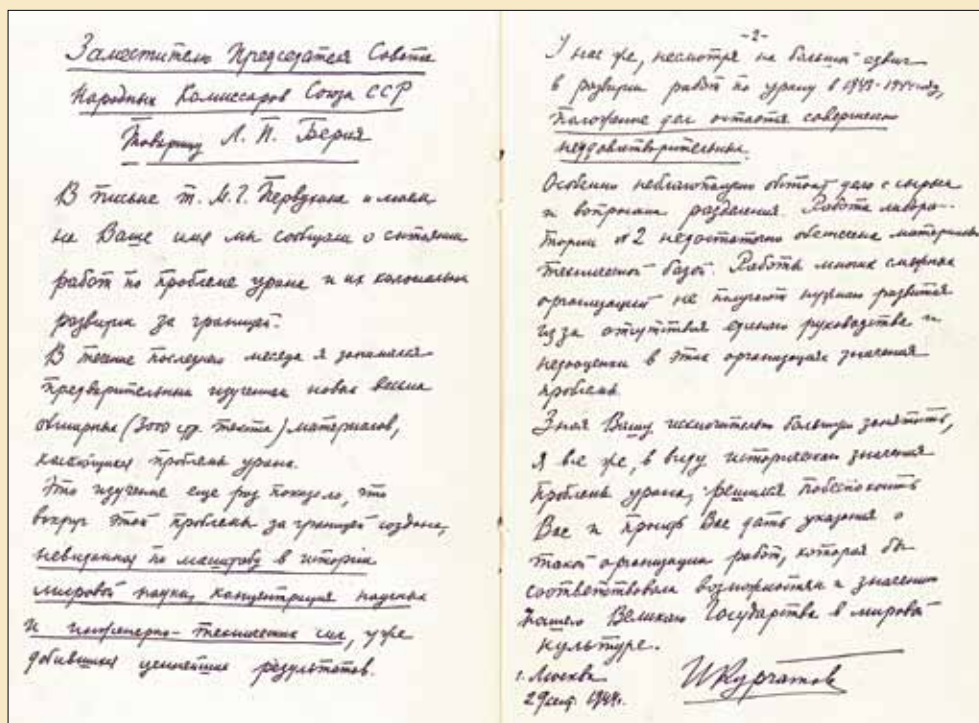
Ленинградский физико-технический институт (ЛФТИ).

Свою первую работу по радиоактивности Курчатов опубликовал в 1925 г. В Главной геофизической лаборатории в г. Слуцке (ныне г. Павловск Ленинградской области) он по собственной методике провел измерения радиоактивности снега.

В первый раздел тома также включены две работы по изучению медленных колебаний среднего уровня воды (сейшей) Черного и Азовского морей, выполненные Курчатовым на Центральной гидрометеорологической станции в г. Феодосия (июль–октябрь 1924 г.), статьи «Об электролизе при алюминиевом аноде» и «К вопросу об электролизе твердого тела», чем Игорь Васильевич занимался в 1924–1925 гг. на кафедре физики Азербайджанского политехнического института, а также о прохождении медленных электронов через тонкие металлические фольги по итогам первого исследования в ЛФТИ (ноябрь 1925 г.) совместно с Кириллом Синельниковым.

Самый большой раздел первого тома «Физика твердых диэлектриков и полупроводников» представлен работами Курчатова в Физтехе по изучению высоковольтной (1927–1928 гг.), униполярной (1927–1933 гг.) поляризации, сегнетоэлектриков (1929–1933 гг.), физики и техники варисторов (полупроводниковых резисторов, 1933–1935 гг.).

В конце 1929 г. вместе с Павлом Кобеко и братом Борисом он приступил к изучению аномально высокой диэлектрической проницаемости сегнетовой соли и выявил новую природу явления. Сегнетова соль оказалась электрическим аналогом ферромагнетиков, первой в новой группе диэлектриков, названных ученым сегнетоэлектриками. Раздел с таким названием включает статьи, отражающие результаты



Записка И.В. Курчатова
Л.П. Берии о
неудовлетворительном
состоянии работ
по атомной проблеме.
Москва, 29 сентября 1944 г.
Архив Национального
исследовательского центра
«Курчатовский институт».

трудов Курчатова в новой области науки, и первую в мире монографию по сегнетоэлектрикам, опубликованную автором в 1933 г. на русском и в 1936 г. на французском языках с предисловием академика Абрама Иоффе.

Во второй том (ответственный редактор академик Спартак Беляев), вышедший в свет в октябре 2007 г., включены работы по физике атомного ядра довоенного периода (1934–1941 гг., ЛФТИ и Радиевый институт), охватывающие три направления: взаимодействие нейтронов с ядрами, искусственная радиоактивность и физика деления. Здесь Игорю Васильевичу удалось получить результаты мирового класса, сыгравшие существенную роль в построении протекания ядерных реакций и создавшие предпосылки для важных открытий в будущем — изомерии искусственно радиоактивных ядер и спонтанного деления ядер урана.

Нельзя не обратить внимание на его небольшую монографию «Расщепление атомного ядра» (1935 г.), где, по сути, представлен обзор состояния ядерной физики того времени и ее уровень, с которого начал сам автор. Большинство оригинальных работ на эту тему были опубликованы им позже.

После открытия в 1932 г. Джеймсом Чедвиком (Англия) нейтрона Игорь Васильевич все больше стал склоняться к нейтронным исследованиям. В начале этого цикла работ он с сотрудниками обнаружил удивительное в те времена явление «разветвления» ядерных реакций, приведшее позднее к открытию ядерной изомерии.

Новый импульс ядерно-физическим исследованиям дал выдающийся итало-американский физик Энрико Ферми: в Риме он с сотрудниками обнару-

жил, что медленные нейтроны очень сильно поглощаются в некоторых веществах, например в литии, боре, иттрии, иридии, родии. Это расширяло возможности опытов с ними. Несколько работ лаборатории Курчатова были посвящены изучению эффекта Ферми, и поиск завершился обнаружением так называемого селективного поглощения нейтронов, а толкование явления привело Игоря Васильевича к выводу о его резонансном характере. Одновременно к такому же обобщению пришли физики в различных лабораториях мира.

Эксперименты Игоря Васильевича отвечали на многие вопросы нейтронной физики того времени. Он вовлекал в сферу своих интересов все доступные силы и средства и сам успевал делать многое. В частности, руководил наладкой и пуском в Радиевом институте первого в СССР циклотрона (1939 г.). Вскоре с помощью нейтронов, полученных на нем, провел работы, часть которых вошла во второй том.

События конца 1938 — начала 1939 гг. — открытие Отто Ганом, Фрицем Штрассманом (Германия) и Лизой Мейтнер (Австрия) деления ядер урана под действием медленных нейтронов — радикально изменили ситуацию в области ядерной физики. И хотя эта проблематика занимает немного места во втором томе (опубликованных работ на эту тему у Курчатова мало), его лаборатория действовала весьма активно, изучая и процесс деления, и проблемы цепной реакции. Эксперименты, инициированные Игорем Васильевичем и порученные ученикам Константином Петржаку и Георгию Флерову, в которых он сам участвовал на стадиях разработки, методики проведения и обсуждения результатов, в 1940 г. завершились



**Здание
«монтажных мастерских»,
где был сооружен
первый советский ядерный
реактор Ф-1. 1947 г.**

открытием явления самопроизвольного (спонтанного) деления урана.

С середины 1939 г. научные связи с заграницей стали сворачиваться, сократился поток публикаций по делению ядер урана и тория в США и Англии. В ноябре 1940 г. на пятом и последнем перед Великой Отечественной войной Всесоюзном совещании по физике атомного ядра в Москве, где проблему обсуждали еще открыто, Курчатов выступил с докладом «Деление тяжелых ядер» (публикуется в Собрании), где показал необходимость обогащения урана изотопом ^{235}U для осуществления цепной реакции в смеси с водой, возможность ее реализации в смеси природного урана с тяжелой водой и невозможность в чистом природном уране на быстрых нейтронах. По сути, это был документ, зафиксировавший довоенное состояние физики деления и цепной реакции.

Во втором томе впервые представлены результаты экспериментов Игоря Васильевича по определению активируемости золота замедленными и резонансными нейтронами, выполненных в 1943 г. в Лаборатории № 2 АН СССР — научном центре отечественного атомного проекта, действовавшем с февраля—апреля 1943 г. под руководством Курчатова. Будучи в определенном смысле продолжением цикла его исследований второй половины 1930-х гг., они имели практической целью получение нейтронно-физических характеристик для уран-графитовых смесей, используемых в сооружении реактора.

В отдельный раздел выделены письма, записки, планы работ в области физики атомного ядра в основном довоенного периода. В начале войны Курчатов только эпизодически возвращался к ядерно-физическим вопросам, в частности в связи с подготовкой трудов по спонтанному делению к выдвижению на соискание Сталинской премии (1942 г.), но вскоре после выхода распоряжения Государственного комитета обороны (ГКО) от 28 сентября 1942 г. осно-

вательно приступил к работам «по исследованию осуществимости использования атомной энергии путем расщепления ядра урана» с научным багажом, «законсервированным» еще в довоенное время.

В третий том собрания «Атомный проект. Ядерные реакторы» (ответственный редактор академик Николай Пономарев-Степной), выпущенный в 2009 г., вошли научные отчеты и отдельные важнейшие, подготовленные лично Курчатовым документы, охватывающие период с 1943 г., когда он возглавил работы по урановой проблеме, до середины 1950-х годов, когда появилась возможность усилить внимание к мирным аспектам использования энергии атома.

Материалы этого тома отражают наиболее сложный этап подготовки Игорем Васильевичем научных, инженерных и организационных основ для достижения главной цели — овладения атомной энергией и создания ядерного оружия. Причем сама возможность ее реализации еще требовала доказательств, а стратегия проекта только формировалась и уточнялась по ходу дела.

В связи с этим включенные в третий том работы Курчатова и его сотрудников по созданию научно-технической базы отечественного ядерного реакторостроения можно условно разделить на четыре этапа (иногда перекрывающие друг друга по времени): 1942–1945 гг. — осмысление, разработка, организация и формирование стратегии атомного проекта; 1944–1946 гг. — исследования и разработки, связанные с созданием и пуском первого отечественного ядерного реактора Ф-1; 1947–1948 гг. — эксперименты на Ф-1 и научное руководство проектированием, строительством и пуском первого в СССР промышленного реактора «А»; 1949 г. — середина 1950-х гг. — продолжение экспериментов на Ф-1, опыт эксплуатации реактора «А», начало и развитие работ в стране по различным типам установок военного и мирного назначения.



На сборке одной из моделей реактора Ф-1. 1940-е годы.

Содержательную часть начального периода характеризуют служебные записки и отчеты Лаборатории № 2, составлявшиеся в то время самим Курчатовым, а также сыгравшие существенную роль отзывы и комментарии Игоря Васильевича на материалы научно-технической разведки, имевшие высший гриф секретности. Все они были написаны, как правило, в единственном экземпляре от руки лично руководителем проекта, несшим особую ответственность за объективность и точность содержащихся в них сведений и оценок. Тем более что их учитывали при подготовке важнейших решений государственного уровня, на их основе оценивали достоверность и ценность полученных разведкой секретных данных, в которых могла быть и дезинформация. Кроме того, эти документы наиболее точно отражают ситуацию по урановой проблеме на этапе ее становления и проясняют истоки важнейших стратегических решений, принимавшихся в то время практически лично Курчатовым.

К концу 1943 г. Игорь Васильевич полностью определил стратегию развития атомного проекта, взяв на себя ответственность за главное направление — создание котлов на природном уране, и приступил к его реализации.

Научная команда Курчатова провела сначала серию экспериментов по определению длины диффузии тепловых нейтронов с постепенно нарастающими объемами графитовых призм, а затем экспоненциальные опыты с уран-графитовыми решетками по оценке коэффициента мультипликации и оптимизации ее параметров, что позволило постепенно приблизиться к критическому объему котла. Этот цикл

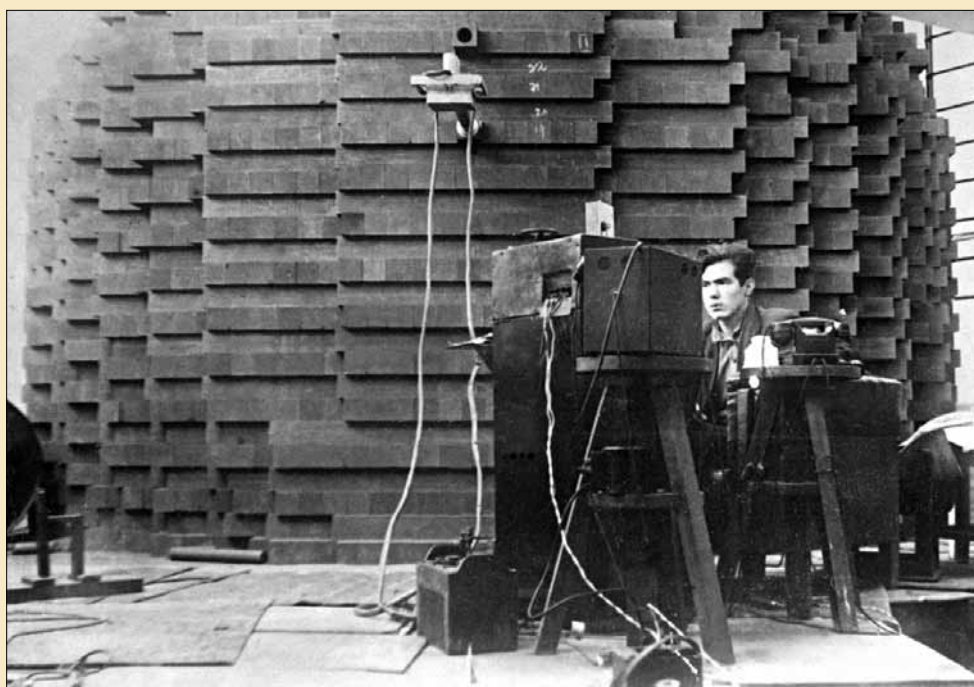
работ, позволяющих сопоставить особенности подкритической уран-графитовой системы с ее теоретической моделью, в который вошло свыше 20 ранее не публиковавшихся отчетов, представлен в третьем томе.

25 декабря 1946 г. реактор Ф-1 достиг критичности и вышел на самоподдерживающийся режим. Так Курчатов впервые в СССР и на Евразийском континенте осуществил цепную реакцию на природном уране и с начала 1947 г. перешел от научного эксперимента к промышленной стадии проекта — строительству и пуску первого в Советском Союзе реактора по наработке плутония на комбинате № 817 (ныне Производственное объединение «Маяк», г. Озерск Челябинской области).

22 июня 1948 г. промышленный реактор, каждый этап пуска которого Курчатов осуществлял лично, работая именно как физик-экспериментатор, достиг проектной мощности в 100 000 кВт. Это означало успешное завершение — причем в кратчайший срок (за полтора года!) — следующего важнейшего этапа советской атомной программы, что зафиксировано в публикуемом отчете о состоянии работ на комбинате № 817, написанном Игорем Васильевичем в августе 1948 г. от руки.

Четвертый том «Ядерное оружие» (ответственный редактор Лев Рябев), вышедший из печати в 2012 г., посвящен решению Курчатовым оружейных проблем. В него включены написанные в 1942–1955 гг. Игорем Васильевичем или подготовленные при его участии и рассекреченные в начале 1990-х и в 1998–2009 гг. письма, записки, планы работ, отчеты, свя-

**Измерение плотности
нейтронов в центре
модели №1 (реактор Ф-1).
1946 г.**



занные с исследованиями, конструкторскими разработками, изготовлением и испытаниями ядерных и термоядерных зарядов.

В первом из трех разделов четвертого тома «Начальный период. Выработка концепции создания ядерного оружия» представлены письма, докладные записки, отчеты, адресованные руководству Государственного комитета обороны и правительства (ноябрь 1942—август 1945 гг.). Его открывает Докладная записка заместителю председателя ГКО, куратору атомного проекта Молотову от 27 ноября 1942 г. — первый документ, направленный Курчатовым в правительство после выхода распоряжения ГКО от 28 сентября 1942 г. «Об организации работ по урану». В нем Игорь Васильевич на основе анализа материалов разведки дал оценку состоянию работ по атомной проблеме за рубежом, отметил ряд первоочередных задач, указал, кого из известных ученых, по его мнению, следует привлечь в первую очередь к их решению, а также перечислил вопросы, ответы на которые желательно уточнить через разведывательные органы.

К концу 1942 г. ученым США и Великобритании уже было известно, что под действием нейтронов делятся не только ядра ^{235}U , но и ядра изотопов открытого в 1940 г. нового искусственного элемента № 94, названного в марте 1942 г. плутонием. Курчатов знал об этом, по крайней мере, уже в марте 1943 г. из разведсведений, в которых речь шла о пуске реактора Энрико Ферми в США и осуществлении на нем первой в мире управляемой цепной ядерной реакции. Он намечил проведение тщательных исследований свойств элемента № 94, что видно из публикуемого в первом разделе отзыва на «Перечень американских работ по проблеме урана».

В справке на имя куратора атомного проекта со стороны Совета народных комиссаров СССР (с 1946 г. — Совет Министров) Михаила Первухина от 18 мая 1944 г. Курчатов изложил данные о путях технического осуществления атомной бомбы, охарактеризовал состояние дел в этой области и в СССР, и за границей.

Первый раздел тома завершает справка «О состоянии и результатах научно-исследовательских работ», подготовленная в августе 1945 г. для верховного главнокомандующего Вооруженными силами СССР Сталина. В ней подытожены работы, выполненные к тому времени учеными и специалистами Лаборатории № 2, а также другими научно-исследовательскими, проектными, конструкторскими организациями и промышленными предприятиями, привлеченными к урановому проекту.

Документы второго раздела «Атомная бомба» датированы 1946–1953 гг. Кульминацией этого периода стали события августа 1949 г. на Семипалатинском полигоне.

По мере разворачивания дел становилось все более ясным, что для ускорения и лучшей их организации в системе, куда вовлечено огромное количество организаций и производств различных отраслей, требуется создание особого звена — специализированного конструкторского бюро при Лаборатории № 2 с первоклассными специалистами, опытным хозяйством и полигонами. Так, в районе поселка Саров на границе Горьковской области и Мордовской АССР (теперь г. Саров Нижегородской области) появился новый объект с условным названием КБ-11 (известный ранее также как Арзамас-16), созданный постановлением Совета Министров СССР от 8 апреля 1946 г. Его начальником стал бывший заместитель министра



**Главное здание
Курчатовского института.
1950-е годы.**

танковой промышленности Павел Зернов, а главным конструктором — Юлий Харитон. При этом решаемые КБ-11 проблемы оставались в ведении и под личной ответственностью научного руководителя Игоря Курчатова.

Документальная серия этого раздела представлена отчетами о ходе, результатах работ и важнейших событиях, связанных с разработкой и испытанием различных вариантов ядерного оружия, планами и предложениями о проведении тех или иных исследований, сооружением экспериментальных установок, организацией производств или привлечением к участию новых коллективов и специалистов, что дает представление о разнообразии и масштабе проблем, решаемых Курчатовым и кругом лиц, с которыми он сотрудничал.

Испытание первой советской атомной бомбы РДС-1 состоялось 29 августа 1949 г. на ядерном полигоне в прииртышской степи, примерно в 170 км западнее г. Семипалатинска Казахской ССР. На следующий день Берия и Курчатов подписали и отправили Сталину рукописный доклад (публикуется во втором разделе) с изложением предварительных результатов эксперимента. А 16 ноября они вместе с руководителями Первого главного управления и КБ-11 представили верховному главнокомандующему два доклада: о результатах испытаний усовершенствованных атомных бомб РДС-2 и РДС-3 и работах по созда-

нию РДС-4 с уменьшенным общим весом и габаритами и РДС-5 с уменьшенным атомным зарядом.

В третьем разделе «Водородная бомба» содержатся документы (июнь 1947—декабрь 1955 г.), имеющие отношение к созданию термоядерного оружия, основанного на использовании процесса слияния ядер изотопов водорода, сопровождающегося выделением колоссального количества энергии, — «сверхбомбы».

Один из первых в ряду документальных источников — представленное 5 мая 1948 г. Берии заключение на материалы, полученные по каналам разведки в марте 1948 г. от Клауса Фукса (Англия), сделанное Курчатовым и начальником Первого главного управления при Совете Министров СССР Борисом Ванниковым. Авторы подчеркивали, что они помогут ускорить уже развернувшиеся в СССР научно-исследовательские работы по «сверхбомбе», и даже представили конкретный план с указанием сроков их проведения и привлечением к решению «наиболее актуальных теоретических вопросов» институтов АН СССР. Таким образом, руководители советского атомного проекта, еще не создав первой отечественной атомной бомбы, в стремительном темпе разворачивали дела по проблеме термоядерного оружия.

Приоритет в разработках был отдан конструкции РДС-6с — так называемой «слойке», физическая схема которой с использованием чередующихся слоев из химических соединений дейтерия (тяжелая вода



Резервный пульт управления подрыва первого отечественного ядерного заряда. Музей ядерного оружия Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной физики (г. Саров).

Макет заряда РДС-1 в Музее ядерного оружия Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной физики (г. Саров).

или тяжелый этан) и урана-238 была предложена Андреем Сахаровым. Испытания прошли 12 августа 1953 г. под руководством Курчатова: на Семипалатинском полигоне прогремел 400-килотонный взрыв первой водородной бомбы. Советские специалисты прошли дистанцию от первой атомной (1949 г.) до первой водородной (1953 г.) бомбы за 4 года. Отметим, американцы на преодоление этого пути потратили около 7 лет.

После успешных экспериментов с РДС-6с возникла новая задача — реализовать в термоядерном устройстве энерговыделение мегатонного класса.

Через полтора года после рождения основополагающих идей усилиями большого коллектива физиков-теоретиков, математиков, конструкторов и технологов были решены все научные и технические вопросы, приведшие к разработке опытного образца термоядерной бомбы нового поколения. Заряд мегатонного класса (РДС-37) успешно испытали под руководством Курчатова 22 ноября 1955 г., подтвердив принцип создания термоядерного оружия.

Решив принципиальные вопросы создания ядерного оружия, Курчатов усилил внимание к мирным направлениям атомной науки и техники. Одним из них в начале 1950-х гг. стал управляемый термоядерный синтез (УТС). Под таким названием в 2012 г. вышел в свет пятый том (ответственный редактор академик Евгений Велихов) Собрания научных трудов. В него включены материалы, показывающие Курчатова как инициатора и организатора в нашей стране исследований в области УТС, создателя в Лаборатории № 2 научных коллективов, работающих по данной проблеме, приобщающего к ней дру-



гие институты и промышленные предприятия Советского Союза, объединяющего на этом пути ученых всех стран.

Статьи, выступления Игоря Васильевича на научных и общественных форумах, в средствах массовой информации с изложением научно-технических основ нового направления, а также результатов первых экспериментальных и теоретических исследований в области физики плазмы и УТС, недавно рассекреченные документальные материалы на эту тему (письма, записки, отчеты, адресованные руководству страны и атомной отрасли, планы работ) охватывают период с 1951 по 1960 г. Значительная их часть (прежде всего из архивов «Росатома», Курчатовского

института и Мемориального дома-музея И.В. Курчатова) публикуется впервые.

В начале 1951 г. Игорь Васильевич, несмотря на огромную занятость, особенно много времени уделял проблеме магнитного термоядерного реактора (МТР) и готовил специальное постановление правительства. Подписанное Сталиным в мае 1951 г., оно придало направлению официальный статус. В Лаборатории измерительных приборов АН СССР (ЛИПАН — так в 1949 г. стали называть Лабораторию № 2), где развернулись основные экспериментальные и теоретические исследования по УТС, Игорь Васильевич создал новый отдел во главе с Львом Арцимовичем (теоретическими работами руководил Михаил Леонтович).

В декабре 1955 г. Курчатов организовал Всесоюзное совещание по УТС, с очевидностью показавшее: первоначальные надежды на быстрое решение проблемы создания термоядерной энергетики завышены и усилии ученых одной страны здесь недостаточно. Зная, что исследования по термояду идут прежде всего в Великобритании и США, он приходит к выводу о необходимости рассекречивания работ по УТС и развития международной кооперации. Причем Курчатову удалось убедить в этом и руководство страны, включившее его в состав правительственной делегации СССР, направлявшейся в апреле 1956 г. во главе с лидером партии Никитой Хрущевым с визитом в Англию. 25 апреля он выступил с двумя докладами в британском центре ядерных исследований в Харуэлле. В одном из них («О возможности создания термоядерных реакций в газовом разряде», опубликованном в пятом томе) он сообщил о результатах экспериментов в ЛИПАНе по так называемым пинчевым разрядам*, при этом прямо указал на необходимость «тщательно-го изучения и других вариантов решения задачи».

Имя Курчатова после пятнадцатилетнего перерыва вновь появилось на страницах научных и общественно-политических журналов и газет. А доклады, статьи и лекции ученого того периода носят характер широких обобщений научных направлений и работ, включая, конечно, УТС, которые шли не только в Институте атомной энергии (так с 1956 г. стали именовать ЛИПАН), но и в других организациях страны. Важнейшие из его выступлений по проблеме управляемых термоядерных реакций помещены в пятом томе.

В 1958 г. вошли в строй крупные установки для удержания и нагрева плазмы: «Огра» в Институте атомной энергии и «Альфа» в Научно-исследовательском институте электрофизической аппаратуры в Ленинграде. Их модели были представлены на II Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии (1958 г.), где термоядерные исследования впервые в мире обсуждали всесторонне и открыто, в чем немалая заслуга Курчатова.

Последняя (увы, незаконченная) его статья (публикуется в пятом томе) появилась в журнале «Успехи физических наук» в 1961 г., уже после смерти ученого. Она посвящена работам на установке «Огра». По сути, это часть доклада, который он готовил для выступле-

ния в Центре ядерных исследований в пригороде Парижа Сакле (Франция), куда планировал поехать в марте 1960 г.

Последний, шестой том «Ядерная энергетика. Ядерную энергию — на благо человечества» (ответственный редактор академик Борис Мясоедов), содержит доклады, статьи и выступления Курчатова по мирному использованию атома в энергетике, на транспорте, в космосе, по развитию ядерной физики и других дисциплин.

Примечательно, что уже осенью 1942 г., на этапе вступления в должность научного руководителя атомного проекта, Игорь Васильевич обратил внимание Правительства СССР на возможность применения атомной энергии в интересах народного хозяйства. По мере приближения к основной цели он стал высказываться более определенно: задачу создания ядерного оружия «необходимо решать в органичном единстве с освоением энергии атома в мирных целях». 17 апреля 1947 г. вместе с Первухиным и Завенягиным он обратился к Берии с конкретными предложениями (публикованы в Собрании) об использовании энергосиловых установок «в авиации, морском флоте, локомотивостроении и применительно к электростанциям» и готовностью немедленно приступить к проектным работам.

В стенах курчатовской Лаборатории № 2 (затем ЛИПАНа) зарождались и получили развитие основные идеи, связанные с созданием Первой в мире АЭС и атомного флота страны. К осени 1949 г. здесь при участии Игоря Васильевича подготовили обстоятельную записку «Атомная энергия для промышленных целей», которую по его распоряжению представил в Первое главное управление Савелий Фейнберг.

Ядерному реакторостроению был посвящен и доклад Курчатова «Некоторые вопросы развития атомной энергетики в СССР» в Харуэлле (публикуется), как и статья (вместе с соавторами) «Импульсный графитовый реактор ИГР», впервые напечатанная в 1964 г. в журнале «Атомная энергия» уже после смерти ученого.

Среди других первоисточников шестого тома отметим ранее не публиковавшиеся записки Игоря Васильевича, выступления на политических и общественных форумах, статьи и интервью в средствах массовой информации, письма руководителям страны и атомной отрасли по проблемам мирного использования атомной энергии, радиационной безопасности и запрещения ядерных испытаний.

Каждый том Собрания сопровождают фотографии из архива Мемориального дома-музея И.В. Курчатова и других фондов (всего более 200 снимков), отражающие жизнь и деятельность Игоря Васильевича с юности до последнего рабочего дня.

*См.: Е. Велихов. Гордость российской науки. — В этом номере журнала (прим. ред.)

ГАРАНТИРОВАННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПЛЮС ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

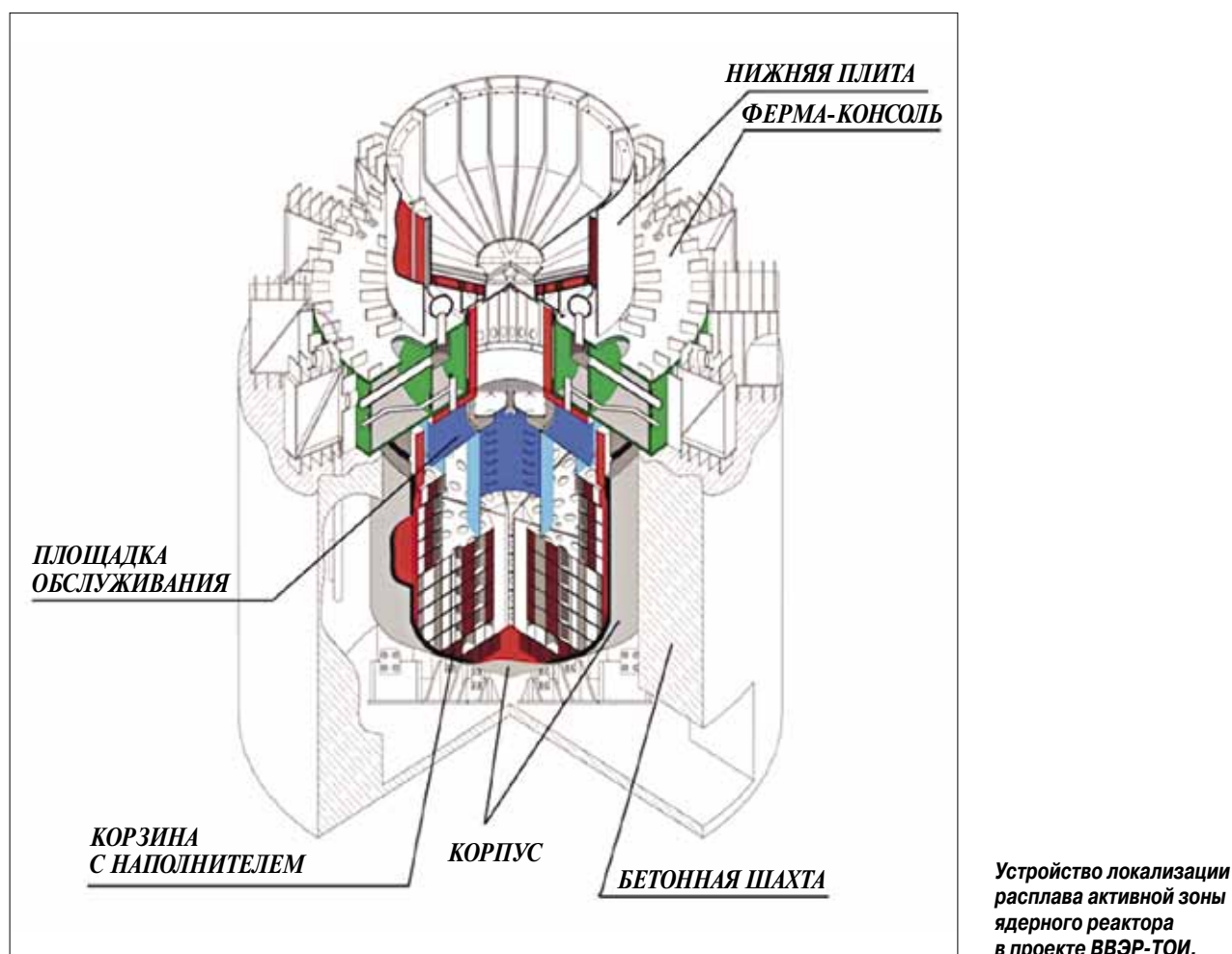


Отечественная АЭС с установкой нового поколения ВВЭР-ТОИ (типовой оптимизированный информатизированный энергоблок большой мощности на базе водо-водяного реактора) поступит на лицензирование в декабре 2012 г., что позволит уже в 2013 г. представить ее на мировом рынке атомной энергетики. Об этом в июне 2012 г. на московском форуме «Атомэкспо» сообщил заместитель генерального директора концерна «Росэнергоатом» Александр Полушкин. Подробности внедрения новой техно-

логической платформы «раскрыла» отраслевая газета «Страна Росатом».

Проект создан структурами госкорпорации «Росатом». В авторском коллективе — Проектно-конструкторский филиал концерна «Росэнергоатом», инженеринговая компания «Атомэнергопроект» — генеральный проектировщик большинства АЭС на территории России, Восточной Европы и стран СНГ, Всероссий-

Модель двухблочной АЭС с энергоблоком ВВЭР-ТОИ.



ский НИИ по эксплуатации атомных электростанций (Москва), Опытно-конструкторское бюро «Гидропресс» (г. Подольск Московской области), а также Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» и другие организации.

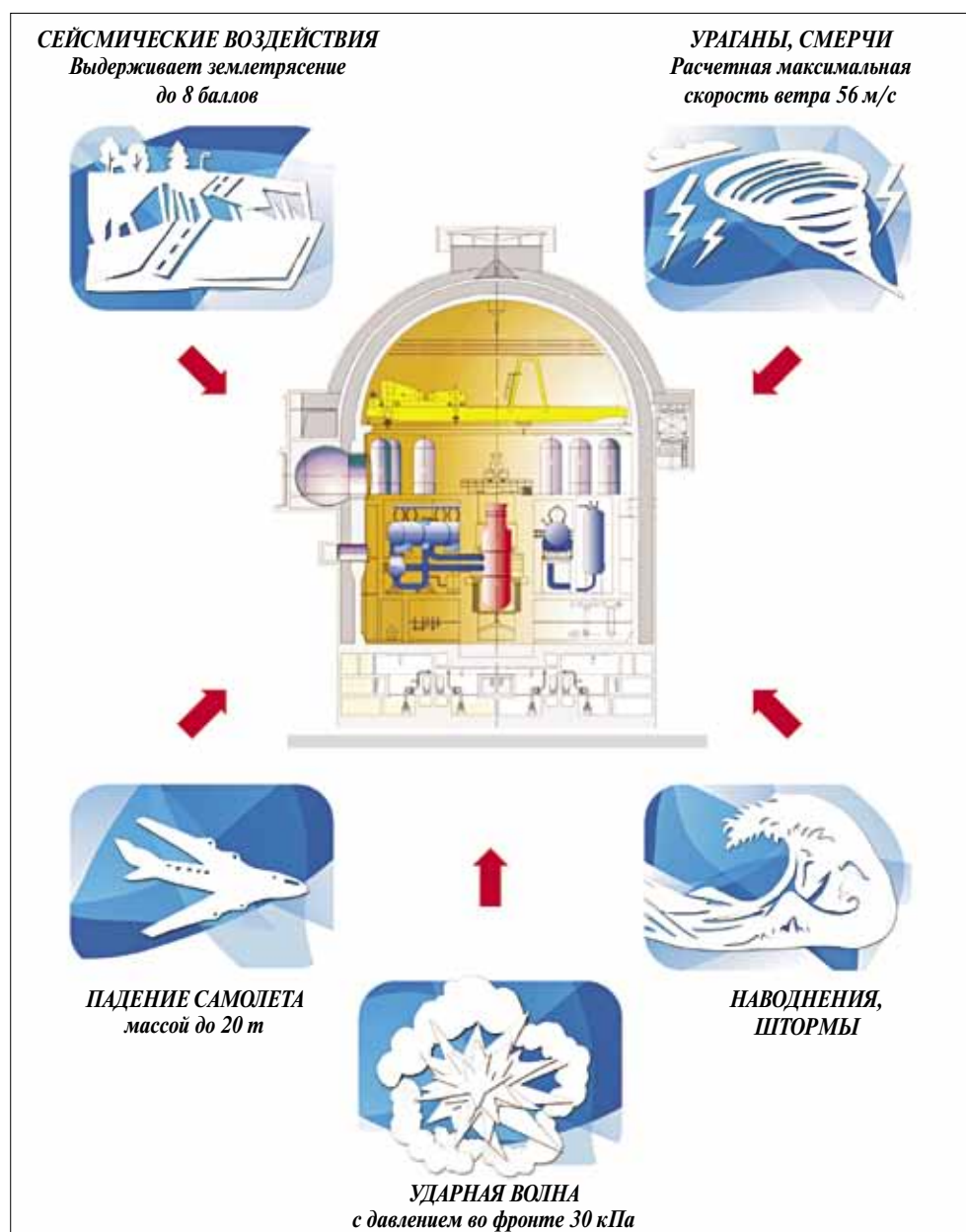
В аббревиатуре «ТОИ», пояснила газета, зашифрованы три основных принципа, заложенных в проектирование атомной станции: типизация принимаемых решений, оптимизация технико-экономических показателей ВВЭР — основы распространенных у нас реакторов и информационная составляющая.

Напомним, первый в нашей стране водо-водяной аппарат электрической мощностью 210 МВт ввели в эксплуатацию в 1964 г. на Нововоронежской АЭС. Дальнейший опыт проектирования и развития технологий производства привел к созданию серийных реакторных установок ВВЭР-440 и ВВЭР-1000. И это открыло возможность сразу же после принятия решения приступить к строительству энергоблока, производству его оборудования, проведению монтажных работ и последующей эксплуатации станции.

В 2006 г. госкорпорация «Росатом» выпустила проект АЭС-2006 с усовершенствованной водо-водяной энер-

гетической установкой мощностью 1150–1200 МВт, повышенной безопасностью ее эксплуатации, улучшенными технико-экономическими, эксплуатационными и маневренными характеристиками. На этой базе были разработаны новые отечественные электростанции: Нововоронежская-2, Ленинградская-2, Балтийская. По словам первого заместителя генерального директора московского «Атомэнергопроекта» Ильи Копытова, ВВЭР-ТОИ стал следующим шагом в модернизации водо-водяных энергетических реакторов. К максимальной оптимизации технико-экономических параметров данной установки добавились и другие важные качества: использование современных технологий конструирования и проектирования, открывающих дорогу к унификации базовых технических решений и значительному сокращению времени сооружения энергоблока. Реализация этого проекта должна повысить конкурентоспособность отечественных разработок на внешнем рынке и сделать более совершенным ввод атомных станций в эксплуатацию на внутреннем.

Каковы технические особенности новинки? Энергоблок электрической мощностью до 1250–1300 МВт



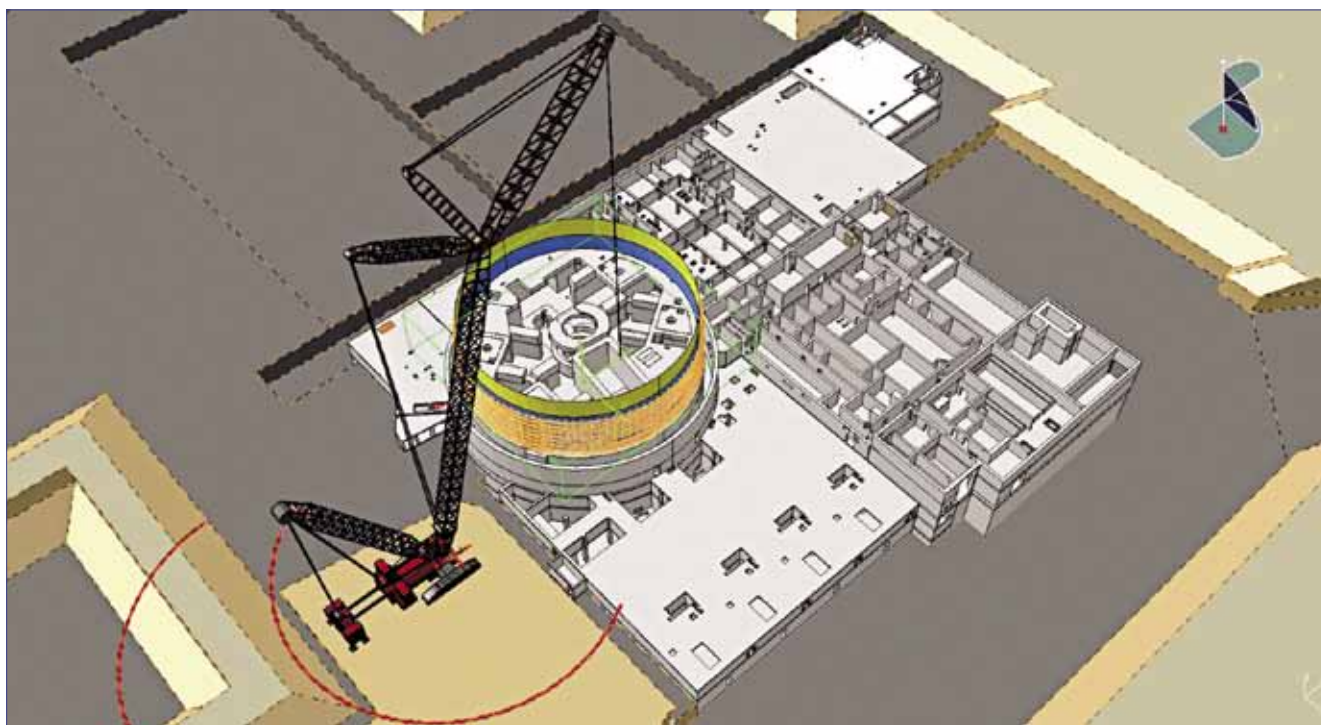
рассчитан на 60 лет службы. Его системы учитывают все риски чрезвычайных ситуаций, вызываемых природными и техногенными катастрофами. Реактор способен выдержать землетрясение до 8 баллов по Европейской макросейсмической шкале MSK-64, с 1996 г. применяемой в странах ЕС, а также падение воздушного судна массой 20 т и тяжелого 400-тонного самолета с учетом возгорания топлива. Он также может противостоять внешней ударной волне с давлением до 30 кПа и максимальной скоростью ветра до 56 м/с.

Цена сооружения ВВЭР-ТОИ будет на 16–20% ниже, чем первого блока Нововоронежской АЭС-2 с современной реакторной установкой ВВЭР-1200. Серийные конструкции можно будет монтировать за

40 месяцев. Общая стоимость возведения объекта изменилась, как утверждает газета, благодаря прогрессивным промышленным методам строительства и монтажа.

Разработчики также существенно сократили территорию площадки атомной станции, что особенно актуально для зарубежных строек. Упрощена конфигурация гермозоны (герметичной оболочки) аппарата за счет перехода на зеркальную компоновку оборудования с параллельным размещением парогенераторов. Это уменьшило необходимые объемы бетона на 10% и на 20–25% снизило трудозатраты.

Риск распространения ионизирующих излучений и радиоактивных веществ в окружающую среду в про-



Моделирование сооружения АЭС с энергоблоком ВВЭР-ТОИ.

екте ВВЭР-ТОИ беспрецедентно низок — сказалось применение новейших защитных и локализирующих технологий безопасности. Особо следует упомянуть предусмотренное здесь устройство локализации расплава активной зоны, обеспечивающее в аварийных ситуациях сохранность ядерной установки и предотвращающее распространение радиоактивных продуктов за пределы реактора. Сама конструкция весит 150 т, но для этого проекта габаритные размеры будут значительно уменьшены, что облегчит транспортировку ловушки на строительную площадку.

В случае развития тяжелой аварии благодаря сочетанию различных систем безопасности активная зона реактора сохранит свою целостность в течение 72 ч, а примененные технические решения гарантируют переход установки в надежное состояние при любых неблагоприятных сценариях, в том числе приводящих к потере всех источников электроснабжения — деталь особенно актуальна в связи с аварией на АЭС «Фукусима» (Япония, 2011 г.).

Корпуса реактора ВВЭР-ТОИ будут изготавливать на двух крупнейших машиностроительных площадках страны — «Ижорские заводы» (Санкт-Петербург) и «Петрозаводскмаш» (г. Петрозаводск, Республика Карелия). Причем предложенная сборка снизит количество сварных швов до четырех, что упростит процесс производства корпуса и сократит сроки его изготовления. И еще одно новшество — использование стали нового поколения, разработанной специалистами Центрального научно-исследовательского института конструкционных материалов «Прометей» (Санкт-Петербург), снимающей практически все ограничения

срока эксплуатации корпуса по условию радиационного охрупчивания металла (перехода материала от вязкого состояния к хрупкому вследствие нейтронного облучения и температурного старения).

ВВЭР-ТОИ, утверждают создатели, конкурентоспособен на мировом энергетическом рынке и может «поспорить» с разработками американско-японской компании «Westinghouse» (реактор AP-1000), французской «Areva» (EPR-1650), южнокорейской «KEPCO» (APR-1400).

Вполне вероятно, отметил на форуме «Атомэкспо» Александр Полушкин, что пилотный проект будет реализован на Нижегородской атомной станции в Навашинском районе Нижегородской области. В 2019–2021 гг. здесь предполагают ввести в эксплуатацию два блока мощностью не менее 1150 МВт каждый. Решение о строительстве принято еще в 2011 г. Параллельно идет подготовка к реализации проекта на АЭС «Аккую» в Турции.

По словам Полушкина, дальнейшее тиражирование технологической платформы ВВЭР-ТОИ на мировых энергетических площадках входит в стратегические планы госкорпорации «Росатом».

*ВВЭР-ТОИ на финишной прямой. —
Газета «Страна Росатом», 2012, № 9*

*Иллюстрации с сайта
Российского атомного сообщества и Википедии
Материал подготовила Марина ХАЛИЗЕВА*

«КЛЮЧ К МОСКВЕ»



Кандидат исторических наук Евгений МЕЗЕНЦЕВ,
Институт российской истории РАН

В 1912 г., когда наша страна праздновала 100-летие победы в Отечественной войне 1812 года, у деревни Бухарино (ныне Краснинский район Смоленской области) установили гранитный обелиск. Надпись на нем гласит: «В 1812 году войска императора Франции Наполеона перешли здесь границу старой России: 2 августа, наступая победоносно на Москву; 6 ноября, отступая после тяжкого поражения». И ныне, спустя еще столетие, мы вспоминаем бои, развернувшиеся на этом важном оборонительном рубеже. До сих пор их ход вызывает споры среди историков, опирающихся на различные точки зрения очевидцев, а многие эпизоды окончательно не прояснены и допускают неоднозначные толкования.

В начале лета 1812 г., после вторжения противника на нашу территорию, 1-я и 2-я Западные армии отступали в глубь страны. Первую возглавлял главнокомандующий русскими войсками военный министр Михаил Барклай-де-Толли, вторую — генерал от инфантерии Петр Багратион*. 22 июля обе

группировки соединились на подступах к Смоленску (по подсчетам исследователей, около 130 тыс. человек), Наполеон же тем временем со своими основными силами (125 тыс.) на полмесяца остановился в Витебске, желая дать отдых голодным и утомленным форсированными маршами бойцам, причем для наи-

*См.: Е. Мезенцев. «Лев русской армии». — Наука в России, 2012, № 5 (прим. ред.).



Наполеон Бонапарт делит Европу между своими родственниками. Английская карикатура начала XIX в. Раскрашенная гравюра.

более успешного сбора продовольствия и фуража разбросал все части и соединения на значительные расстояния друг от друга.

Багратион предложил воспользоваться небрежностью противника и разгромить некоторые его разобщенные войска прежде, чем они соберутся воедино. Однако Барклай-де-Толли возражал против контрударов и собирался продолжить отступление, хотя получил от царя приказ действовать активно вместе с Багратионом и даже разрешение дать генеральное сражение, что, по мнению одного из авторитетнейших отечественных историков академика (с 1927 г.) Евгения Тарле*, в тот момент действительно было целесообразно.

Главкомандующий полагал, что французы рассредоточили свои полки на больших пространствах, чтобы заманить русских в ловушку — заставить их перейти в наступление и затем взять в кольцо. Поэтому он приказал Багратиону остановить 2-ю Западную армию, а свою 1-ю повел на север (ошибочно полагая, что туда направились войска вице-короля Италии дивизионного генерала Евгения Богарне с целью обойти наш правый фланг) и бездействовал целых четыре дня. Тем временем Наполеон успел стянуть свои корпуса в районе Витебска, в ночь на 2 августа соединился на левом берегу Днепра с частями маршала Луи Даву, дивизионного генерала Жана Жюно и двинулся на Смоленск. Иными словами, поступил так, как и предвидел Багратион, заранее предупредивший об этом Барклая-де-Толли, считавшего, напротив, что французы двинут главные силы на Петербург.

На левом берегу Днепра еще с середины июля стоял для наблюдения за действиями частей Даву 1-тыс. дозорный отряд генерал-майора Евгения Оленина, а неподалеку, у города Красный, — 5,5-тыс. дивизия генерал-майора Дмитрия Неверовского, отправленная

туда Багратионом в конце июля. Около полудня 2 августа Оленин заметил движение на Смоленск больших масс французов, тотчас послал об этом сообщение Неверовскому и вышел на соединение с ним. Тревожное известие немедленно послали в сам город, затем Багратиону и Барклаю-де-Толли, армии которых стояли к северу от него, в 30 и 40 км соответственно.

В Смоленске в тот момент находились батальон внутренней стражи, крепостной гарнизон мирного времени, Виленский полк и ополченцы, прибывшие в конце июля из окрестных уездов. Местные жители не покидали родных стен, и когда вечером 2 августа получили известие о приближении громадной армии Наполеона, к эвакуации ничего не было готово, а губернатор вместе с другими чиновниками и епископом бежали. К утру 3 августа, после героического боя у поселка Красный с численно превосходящими частями противника, к городу подошла дивизия Неверовского, где соединилась с корпусом генерал-лейтенанта Николая Раевского.

В 17 ч того же дня передовые соединения неприятеля — корпуса маршалов Иохима Мюрата и Мишеля Нея (40 тыс. человек) — подошли к Смоленску. Сам Наполеон прибыл к 9 ч (по другим сведениям — к 13 ч) 4 августа в полной уверенности, что войдет туда без боя, однако был неприятно поражен, когда при приближении атакующих здешняя крепость «огрызнулась» яростным огнем. Цитадель, построенная в 1602 г. (зодчий Федор Конь) и усиленная в 1698–1708 гг. на углах земляными бастионами, в 1812 г. все еще была мощным укреплением: высота ее стен составляла 12–19 м, толщина — 5–6 м. Внутри находился арсенал с оружием и боеприпасами, артиллерийское депо, большие пороховые склады и т.д.

Французская армия подходила к Смоленску постепенно, частями, и 4 августа близ него сосредоточилось не более 100 тыс. бойцов противника. Приблизитель-

*См.: В. Сироткин. Исследователь прошлого — заложник настоящего. — Наука в России, 2005, № 5 (прим. ред.).



**Русские ополченцы.
Французская гравюра XIX в.**

но в то же время там появился авангард 2-й Западной армии Багратиона, к 17 ч она подошла в полном составе, а чуть позже — и 1-я Барклая-де-Толли. Итого вместе с 15-тыс. гарнизоном города у русских собралось тут 135–145 тыс. бойцов (т.е. значительно больше, чем было в тот день в распоряжении Наполеона). Окажись они здесь на сутки раньше, то могли бы разгромить приблизившиеся к городу вечером 3 августа передовые вражеские корпуса (около 40 тыс. чел.) и еще более изменить соотношение сил в свою пользу.

Противник обстреливал Смоленск из 150 полевых орудий (вдвое больше, чем у русской стороны), однако их огонь, поджигавший деревянные дома в предместьях, не причинял вреда старинной крепости. Ожидая генерального сражения, Наполеон берег силы и первоначально бросил на штурм города, по данным разных историков, от 25 до 40 тыс. человек: корпус

Нея атаковал его с запада, а резервная кавалерия Мюрата действовала с востока.

Раевский был так смел, что вывел подавляющую часть гарнизона за пределы города и принял бой в предместьях. Бойцы Нея дважды врываются на Королевский бастион крепости и подходили к самым стенам, но оба раза были отброшены штыковыми контрударами защитников Смоленска. Барклая-де-Толли не верил в успех обороны, заранее планируя продолжение отступления к Москве, но Багратион был в восторге от героических действий Раевского. Потери его корпуса в тот день составили, по разным данным, от 1,2 до 4 тыс. человек убитыми, ранеными и пропавшими без вести (не считая потерь ополченцев), а французов — 4–10 тыс. Не удалась и попытка неприятеля ворваться в крепость через южные Малаховские (Молоховские, или Молохвинские) ворота. Багратион



Благословение ополченца 1812 года.
Художник Иван Лучанинов. 1812 г.
(Государственный Русский музей.
Санкт-Петербург).

усилил гарнизон гренадерской дивизией генерал-майора Михаила Воронцова, и к вечеру противник был вынужден отойти на исходные позиции.

Поздно вечером 4 августа собрался военный совет. Барклай-де-Толли считал, что город, остановив вражеские войска, свою задачу выполнил и теперь можно его покинуть, чтобы продолжить отступление на восток. Но Багратион и подавляющее большинство других генералов были против: на столь удобной позиции можно задерживать неприятеля по крайней мере еще несколько дней, нанося ему ощутимые потери. Тогда главнокомандующий пошел на хитрость — решил удалить 2-ю Западную армию под тем предлогом, что Наполеон якобы послал целый корпус в дальний

обход к востоку от Смоленска с целью отрезать русские войска от Москвы.

На самом деле туда выдвинулись лишь небольшие партии французских мародеров и фуражиров, не представлявшие серьезной угрозы. Багратион, однако, подчинился приказу и в полночь отправился со своей армией на восток, оставив в 12 км от Смоленска арьергард (командир генерал-лейтенант князь Андрей Горчаков) для связи с Барклаем-де-Толли, с которого взял слово не оставлять город.

Чтобы формально выполнить это обещание, главнокомандующий решил продолжить оборону еще один день. Он разместил в крепости корпус генерал-майора Дмитрия Дохтурова, усилив его дивизиями генерал-

Смоленская крепость.

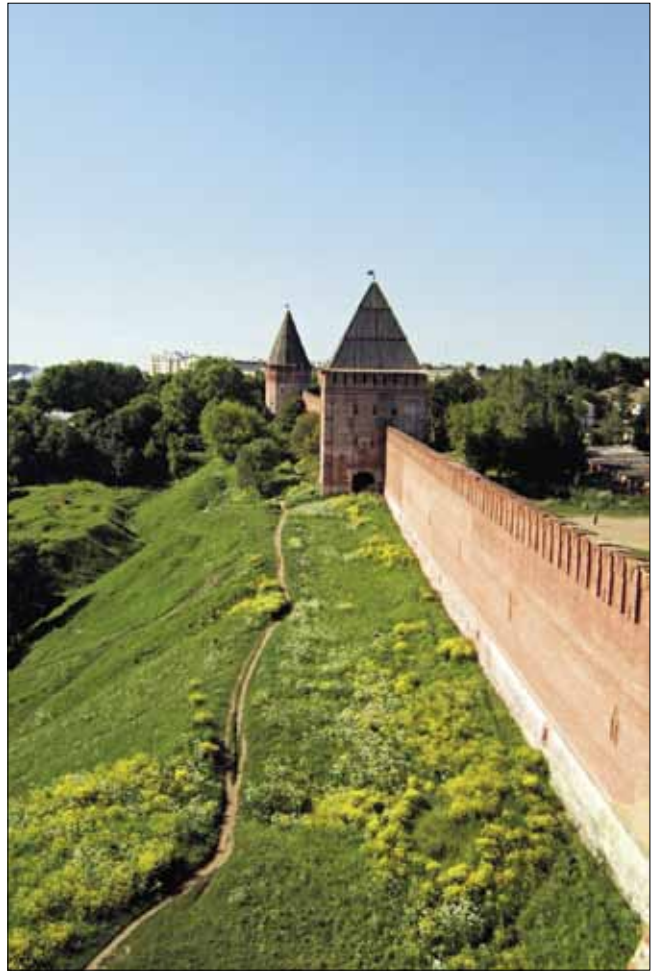
майора Дмитрия Неверовского и генерал-лейтенанта Петра Коновницына, затем, в ходе сражения, перебросил туда дивизию генерал-майора принца Евгения Вюртембергского, доведя численность частей, непосредственно защищавших Смоленск, до 20–30 тыс. человек (в некоторых источниках указана цифра 38 тыс., вероятно, с учетом ополченцев, в схватках почти не участвовавших).

5 августа Наполеон, ободренный уходом армии Багратиона, усилил натиск на Смоленск: из общего числа 150–180 тыс. бойцов противника в штурме приняли участие, по французским источникам, 45 тыс., по русским — более 70 тыс., что ближе к истине. «Поляки, Смоленск ваш!» — патетически воскликнул Бонапарт перед атакой. Солдаты и офицеры польского корпуса Юзефа Понятовского, воодушевленные обещанием отдать им город на разграбление, бросились в бой, приложили неимоверные усилия, понесли огромные потери, но не добились успеха. Части Даву и Нея также были отбиты с большим для себя уроном. Наши бойцы, особенно сибиряки, сражались отчаянно и при первой возможности, не дожидаясь приказа, бросались врукопашную, так что командирам приходилось даже сдерживать их порыв.

Французы потеряли 5 августа в 2–3 раза больше людей, чем накануне, а всего за два дня упорных, но бесплодных для них боев, по разным данным, — от 12 до 20 тыс. человек (в том числе 1300 пленных), русские же — 6–14 тыс., причем удерживали предместья до вечера. Лишь к ночи, под огнем уже 300–500 орудий неприятеля (против наших 180), защитники Смоленска отошли в крепость, стенам которой полевая артиллерия противника не причиняла ущерба. Тогда Наполеон велел стрелять на ее внутреннюю территорию, что в городе, преимущественно деревянном, вызвало пожар.

Барклай-де-Толли (а впоследствии и многие историки), аргументируя впоследствии преждевременную сдачу Смоленска, уверял, что он превратился в пепелище, защищать которое не имело смысла, да и гарнизону будто бы уже негде было жить. Между тем французы, заняв город, нашли там почти половину домов невредимыми, а по свидетельству английского представителя при русской армии полковника Роберта Вильсона, уцелело около трех четвертей построек, в частности большинство каменных зданий (дивизия, оставленная потом там Наполеоном, даже не все их заполнила).

Добавим: внутри стен крепости были казематы, а под ними — подземные катакомбы, устроенные еще в начале XVII в., с помещениями для складов. Да и два дня боев показали: при 15–20-тыс. гарнизоне Смоленск мог сопротивляться еще долго, особенно если бы армия стояла поблизости и периодически перебрасывала обороняющимся подкрепления и продовольствие. Полевая артиллерия французов была бессильна против здешней твердыни, а доставка сюда тяжелых осадных орудий заняла бы 2–3 месяца, да еще потре-



бовалась бы пара недель для создания брешей в ограде. И все это время город бы держался.

Однако Барклай-де-Толли в ночь на 6 августа приказал до рассвета оставить Смоленск и продолжить отход на восток, к Москве. Тщетно почти все генералы убеждали главнокомандующего, что «сделано еще слишком мало» и на этом выгодном рубеже можно сдерживать неприятеля по крайней мере еще несколько дней (как полагал, кстати, и сам Наполеон). А Вильсон предложил ночью разгромить плохо охраняемые французские обозы и артиллерийские парки, что лишило бы и без того голодавшую вражескую армию запасов провианта, фуража и боеприпасов, не дав возможности продолжать наступление.

Но Барклай-де-Толли был непоколебим. В 2 ч ночи 6 августа казаки, проскакав по улицам Смоленска, объявили жителям, что наши войска его оставляют и все, кто хочет уехать, должны спешить переправиться через Днепр, так как мост вскоре будет взорван, а понтонные переправы разобраны. Ввиду такой срочности не успели вывезти большие склады пороха и боеприпасов, которых хватило бы на несколько месяцев обороны, и их пришлось взорвать, чтобы не оставлять неприятелю; не эвакуировали до утра и тяжелоране-



Оборона Смоленска 5 августа 1812 г.
Художник Александр Аверьянов. 1994 г. (Музей-панорама «Бородинская битва», Москва).

ных (около 2 тыс. человек). Про губернский архив, видимо, просто забыли, и бесценные документы по истории края XII — начала XIX в. погибли в пожаре (а ведь их можно было опустить в катакомбы, где они спокойно дожались бы возвращения своих). Вопрос о такой поспешности не дает покоя многим историкам: ведь главнокомандующий не собирался оборонять город более 1–2 дней, тогда почему же не начал эвакуацию еще 2 августа?

На рассвете 6 августа 1812 г., когда первые французские полки стали входить в опустевший Смоленск, последние четыре русских батальона из дивизии Коновницына перешли на правый берег Днепра в Петербургское предместье и взорвали за собой мосты. Одну из ценнейших реликвий православного мира икону Смоленской Богоматери (Одигитрии), находившуюся в надвратной Благовещенской церкви, вывезла 1-я артиллерийская рота капитана Глухова. Барклай-де-Толли отвел свою армию на высоты в 2–3 км от берега, словно предлагая противнику, по мнению Вильсона, место для предстоящей битвы. Однако Наполеон, утомленный двухдневной осадой, вовсе не был готов к крупному сражению.

Впрочем, русский главнокомандующий удалился со своими войсками от берега лишь для того, чтобы стянуть их вместе и начать вечером отступление. В запылавшем же от огня неприятельских орудий Петербургском предместье он оставил только слабый арьергард во главе с генерал-адъютантом бароном Федором Кор-

фом, который вскоре выбили оттуда осмелевшие французы. К счастью, наша армия еще далеко не отошла: Коновницын по собственной инициативе повернул обратно пару полков и штыковой контратакой сбросил противника в Днепр, опять заняв Петербургское предместье, и удерживал его до ночи. Причем два прижатых к реке вражеских батальона (в том числе восемь штаб-офицеров) в полном составе сдались в плен.

Наполеон, заняв Смоленск, изрек ставшую знаменитой фразу: «Если я займу Петербург — я возьму Россию за голову, если овладею Киевом — схвачу ее за ноги, а если возьму Москву — поражу ее в самое сердце!» и после недолгих раздумий склонился к походу на Первопрестольную, к чему тяготел и ранее. Однако Барклай-де-Толли не переставал подозревать французов в намерении неожиданно повернуть в сторону северной столицы, в связи с чем постоянно стремился понадежнее прикрыть соответствующее направление.

Вот почему, оставив Смоленск, главнокомандующий со своей 1-й Западной армией стал отступать на север, к Петербургу, а не к Москве вслед за отправившимся к ней по его приказу Багратионом, на подкрепление которому послал окольными проселочными дорогами лишь небольшую группу войск во главе с генерал-лейтенантом Николаем Тучковым. И только когда убедился, что его преследует сравнительно немногочисленный отряд французов, а основные их силы поворачивают на восток, Барклай-де-Толли понял свой промах и двинулся в том же направлении.



П. И. Багратион.
Гравюра Джозефа Лондерса. 1800-е годы.

Напрямик из Смоленска по московской дороге шли корпуса Нея, Мюрата и Даву, а слева русским полкам, прикрывающим отход главных сил, угрожали части Жюно. Наполеон, узнав о сложившейся ситуации, воскликнул: «Барклай сошел с ума! Его аррьергард будет взят нами!». Однако благодаря героизму рядовых воинов, удачной инициативе командиров и личному мужеству главнокомандующего, готового ценой жизни искупить допущенные ошибки, нашим войскам удалось избежать катастрофы и с честью отразить наседавшего врага, нанеся ему большие потери.

Между тем, оставшись в крепости, допустим, 15–20-тыс. гарнизон, он бы сковал часть вражеских сил и тем самым ослабил бы ударную французскую группировку (того же мнения придерживался английский представитель Вильсон, рассматривавший разные варианты развития событий). И если бы обороняющиеся продержались, скажем, две недели, то, как знать, возможно, поход Наполеона на Первопрестольную не состоялся бы ввиду его больших потерь и приближения осенней распутицы, а затем и зимы. Словом, защищать Смоленск как можно дольше было крайне важно — не случайно все участники войны называли его «ключом к Москве».

В письме к своей сестре Екатерине Павловне император Александр I тогда сетовал: «Барклай делал одну глупость за другой под Смоленском... сильное озлобление против военного министра, который, нужно



Генерал-фельдмаршал князь М. И. Кутузов-Смоленский.
Гравюра Соломона Карделли. 1810-е годы.

сознаться, сам тому способствует своим нерешительным образом действий». Когда же главнокомандующий узнал, что его хотят заменить на этом посту генералом от инфантерии Михаилом Кутузовым*, то написал царю, что попытается остановить французов у Вязьмы, создав там полевые укрепления, на что получил ироничный ответ: почему не сделал он этого у Смоленска, где была настоящая крепость и отпор врагу было дать удобнее?

Наполеон же, получив известие о прибытии в русские войска нового главнокомандующего, уже проявившего себя как талантливый полководец еще во время войны Третьей коалиции**, произнес: «Кутузов не мог приехать для того, чтобы продолжить отступление».

*См.: Г. Герасимова. Великий воин и дипломат. — Наука в России, 2008, № 2 (прим. ред.).

**Война Третьей коалиции (Русско-австро-французская война 1805 г.) — война между Францией, Испанией, Баварией и Италией с одной стороны и Третьей антифранцузской коалицией, в которую входили Австрия, Россия, Великобритания, Швеция, Неаполитанское королевство и Португалия — с другой (прим. ред.).

НЕЖДААННЫЕ ВСЕЛЕНЦЫ



В начале XXI в. объемы мирового судоходства выросли настолько, что почти 80% всех перевозок грузов осуществляются исключительно судами на международных линиях. В связи с таким бурным ростом мореплавания участились случаи переноса отдельных видов морских организмов в различные районы Мирового океана, нередко находящиеся в тысячах километров от мест их прежнего местообитания. А происходят эти миграции следующим образом.

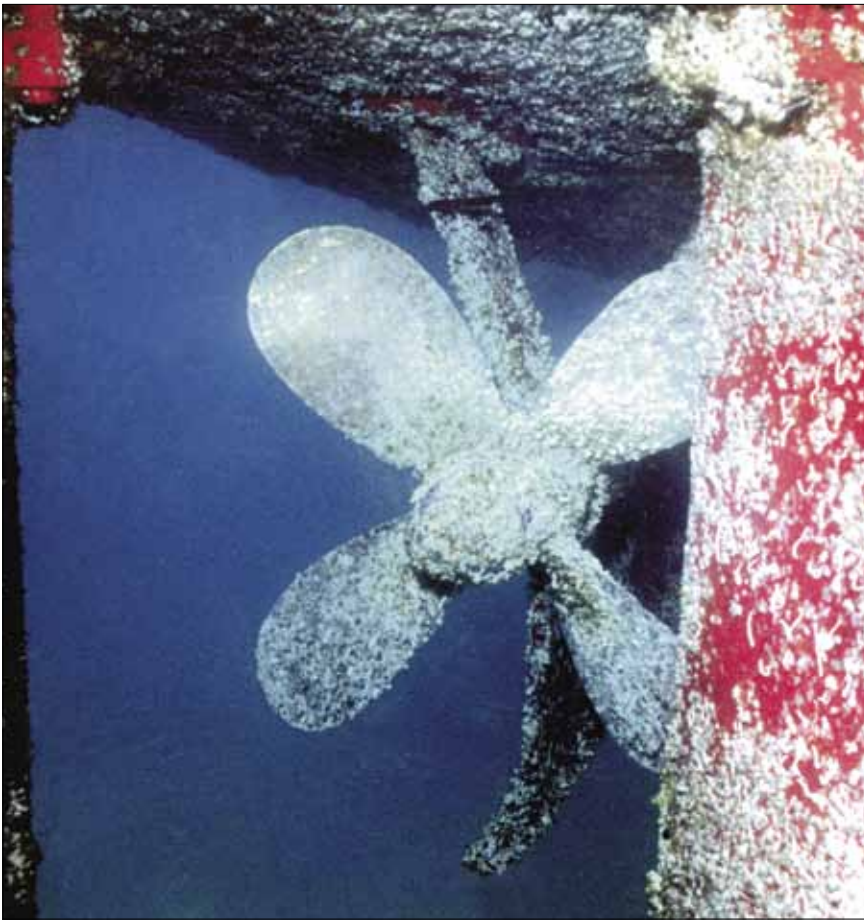
Предположим, груженный нефтью танкер приходит в порт назначения и сливает ее в приемные сооружения. При этом вес судна намного уменьшается, смещается центр тяжести, из-за чего нарушаются его мореходные качества. И даже небольшой шторм может создать аварийную ситуацию. Чтобы избежать ее, на танкере предусмотрены специальные балластные танки, заполняемые забортной водой. В ней-то и обитает множество морских организмов, часть которых может оказаться опасными «пришельцами» и расселиться там, где их ранее не было. Риски этих процессов обсуждает в статье, опубликованной в газете «Дальневосточный ученый», ведущий научный сотрудник лаборатории экологии шельфовых сообществ Института

биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН доктор биологических наук Александр Звягинцев.

Ежегодно в балластных танках судов по всему миру переносится около 10 млрд т воды, в которой зарегистрировано более 7000 видов водных организмов — многие из них могут представлять серьезную угрозу морским экосистемам, экономике и даже здоровью людей. Не менее важна и проблема переноса некоторых видов с помощью так называемого судового обрастания, т.е. поселения животных и растений на подводных частях корабля. Поток вселенцев на корпусах судов не подвластен никакой таможенной и карантинной службе. Общий мировой ущерб от подобного обрастания в настоящее время составляет 50 млрд дол. в год.

Последствия вселения новых видов — одна из причин нарушения устойчивости морских экосистем. Если численность каких-либо аборигенов падает, а их ареал сокращается или, тем более, они исчезают вовсе — это признак серьезных изменений природной среды. Когда же на их месте появляются чужеродные, неви-

Десятиногие раки (*Diogenes nitidimanus*) — чужеродный вид в заливе Петра Великого.



Haliotis (Nordotis) discus — чужеродный вид брюхоногих моллюсков, обнаруженный в Дальневосточном морском заповеднике.

Усоногие раки баланусы
выживают даже на гребном винте
действующего судна.

данные здесь доселе организмы, то перед нами очевидное нарушение стабильности среды, признак ее «заболевания». Такие внезапные появления «чужаков» в экосистеме называют «биологическими инвазиями» («инвазия» — медицинский термин из области паразитологии) или «биологическим загрязнением». Под инвазией понимается расселение вида за пределы исторического ареала, индуцированного (прямо или косвенно) деятельностью человека. Процесс переноса чужеродных организмов с обрастанием и балластными водами судов принял в последнее время глобальный характер и в силу своей непредсказуемости получил красноречивое название «экологическая рулетка».

Расселение видов может быть как преднамеренным, так и делом случайным. К примеру, чтобы компенсировать резкое снижение запасов местных промысловых видов, в 1950–1980-х годах провели целенаправленное переселение камчатского краба и горбуши из Тихого океана в Баренцево море. Также обдуманно акклиматизировали в Каспийском море кефаль. В 1939–1940 гг. сюда же из Азовского успешно заселили донного многощетинкового червя нереиса: в настоящее время он составляет на Каспии основу пищевого рациона осетровых рыб.

Разумеется, последствия этих масштабных мероприятий неоднозначны — наряду с некоторыми положи-

тельными результатами многочисленны и отрицательные последствия. Ведь очень часто новые виды нарушают экологическое равновесие. К примеру, в начале 1960-х годов дальневосточная кефаль-пиленгас была успешно акклиматизирована в Азовском море российскими учеными. Однако такой эксперимент привел к неожиданным последствиям — обитавшие в нем ранее знаменитые на весь мир осетровые из-за возникшей конкуренции исчезли.

Еще пример. После открытия в 1952 г. Волго-Донского канала произошло коренное изменение фауны Каспийского моря — за несколько десятилетий в него вселились около 70 видов. Из «гостей», изменивших ситуацию в экосистемах сразу двух морей, можно выделить североамериканского гребневика — планктонное беспозвоночное животное. Истребив зоопланктон, он привел к голодной смерти многих рыб в Черном море. А в 1999 г. через Волго-Донской канал на кораблях попал в Каспийское, что в конечном итоге отрицательно сказывается на численности осетровых.

Конечно, по мнению Звягинцева, не всякое вселение чужеродных организмов завершается негативными ощутимыми экологическими последствиями, однако по мере развития водного транспорта такие случаи повторяются все чаще, а масштабы их негативного влияния возрастают. Скажем, появление северо-



В числе вселенцев:
 а — многощетинковые черви (*Perinereis aibuhitensis*),
 б — сцифоидная медуза (*Rhopilema esculentum*),
 с — асцидия (*Ciona savignyi*),
 д — головастая черепаха (*Caretta caretta*),
 е — двуцветная пеламида (*Pelamis platura*).

**Обнаруженные в балластных водах
микроскопические мицелиальные грибы —
объект потенциальных биоинвазий.**



американского гребневика в Черном море вызвало экономические потери из-за снижения запасов хамсы в размере 240 млн дол. в год. Или другой пример: вся отрасль марикультуры Новой Зеландии, занимающаяся разведением моллюсков и ракообразных, была закрыта ввиду «цветения» воды, вызванного массовым развитием вселившихся токсичных видов водорослей.

Ряд видов, в том числе промысловых (три вида крабов, гигантская устрица, пиленгас, горбуша), из залива Петра Великого (Приморский край) был занесен в различные районы Мирового океана. В итоге отмечены случаи коренной перестройки местных экосистем.

Но, в свою очередь, и экосистема залива Петра Великого испытывает давление извне. Он расположен на стыке умеренной и субтропической зон, отличается разнообразием гидрологического режима и условий среды, что способствует акклиматизации в нем тепловодных видов-вселенцев. Автор статьи констатирует: более 16 тыс. судов заходят ежегодно в местные порты, причем около половины из них совершают международные рейсы и способствуют появлению «чужаков». Кроме того, процессу вселения тепловодных организмов тут способствуют подогретые воды систем охлаждения местных промышленных предприятий. Так, Владивостокская ТЭЦ-2 ежегодно сбрасывает их в бухту Золотой Рог в объеме миллионов кубических метров.

А в ходе ожидаемого экономического подъема Приморского края последует резкое увеличение антропогенного пресса на прибрежные экосистемы залива Петра Великого. С момента начала функционирования нефтепровода системы «Восточная Сибирь—Тихий океан» в декабре 2009 г. с ежегодным объемом экспорта до 15 млн т сотни супертанкеров транспортируют нефть из России. По мнению ученого, не меньшую опасность, чем возможные ее разливы, для морских экосистем залива представляет собой поток

видов-вселенцев из балластных вод и обрастания супертанкеров. Акклиматизация этих «пришельцев» может привести к непредсказуемым последствиям.

Специалисты Института биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН свидетельствуют: только за последние десятилетия в воды залива Петра Великого были занесены и сейчас проходят различные стадии акклиматизации 66 субтропических видов морских беспозвоночных, в частности асцидии, усоногие раки, многощетинковые черви. В списке опасных вселенцев — асцидия циона. Обрастание ею садков для культивируемых двусторчатых моллюсков делает невозможным их выращивание, примером чему служит положение в области марикультуры в прибрежных водах Канады.

Один из видов усоногих раков баланусов, вселившихся в залив еще в прошлом веке, способен выживать даже на винте действующего судна. Этот вид вызывает значительные потери скорости судна и устойчив к ядовитым покрытиям против обрастания.

Говоря об участии дальневосточных ученых в решении данных проблем, Звягинцев отмечает: в 2007 г. специалистами Института биологии моря в рамках целевой комплексной программы ДВО РАН «Биологическая безопасность дальневосточных морей РФ» впервые для этого региона начато исследование «населения» балластных вод судов, а в 2008 г. создан и в настоящее время активно действует центр соответствующего мониторинга.

*Звягинцев А. Опасные пришельцы. —
Газета «Дальневосточный ученый», 2012, № 7
Иллюстрации предоставлены А. Звягинцевым
Материал подготовил Сергей МАКАРОВ*

ЗАПОВЕДНИК ПРОВИНЦИАЛЬНОГО МОДЕРНА

Ольга БАЗАНОВА, журналист

Первое письменное упоминание о поселении на берегу Волги при впадении в нее небольшой речки Кимрки содержит грамота царя Ивана IV от 1546 г. Из этого документа мы узнаем: сюда «прибывали на торг не токмо из Переяславля, Твери, но даже смоляне. Торг велся солью, рыбою, хлебом, скотом, птицею». Следовательно, там, где сейчас стоит город Кимры (районный центр Тверской области), уже тогда был важный узел пересечения потоков товаров, шедших на Руси в старину преимущественно по водным магистралям, в данном регионе — по Волге, Дубне, Сестре и Яхrome.

В ходе изысканий, проведенных в 1930-х годах, сотрудники Тверского государственного университета и Института археологии АН СССР (Москва) обнаружили на территории Кимр фрагменты поселений каменного (X—III тыс. до н.э.), железного (I тыс. до н.э.) веков, древнерусских курганов и городищ (X—XI вв.). Познакомиться с результатами этих исследований можно в городском краеведческом музее (филиал Тверского государственного объединенного историко-архитектурного и литературного). Здесь представлены макеты участков раскопок в натуральную величину, где размещены подлинные артефакты (стоянка древнего человека, погребения первой

половины II тыс. до н.э., славянского захоронения), а также витрины с многочисленными изделиями, выполненными нашими предками из камня, бивня мамонта и металла.

В I тыс. до н.э. на месте нынешнего Кимрского района жили представители финно-угорского племени меря. Затем, приблизительно в середине I тыс., сюда пришли славяне — кривичи и словене, принесшие с собой более прогрессивные, чем у их предшественников, приемы хозяйствования и орудия труда. К XI—XII вв., по данным археологических раскопок, тут сформировалось поселение ремесленников — ткачей, кузнецов, гончаров и др. А в XVI в. оно уже представ-



Кимры. Фото 1903 г.

ляло собой крупный торговый центр, что и засвидетельствовала хранящаяся в здешнем краеведческом музее грамота царя Ивана IV от 1546 г. Кирилло-Белозерскому монастырю* (на беспощлинную покупку и продажу соли) — первый письменный документ, где упоминаются Кимры.

В те времена это село (городом оно стало только в 1917 г. по указу Временного правительства) находилось в ведении государева двора и поставляло к высочайшему столу рыбу — именно такой промысел был для местных жителей основным. В 1552 г. всю здешнюю волость получил за боевые заслуги двоюродный брат Ивана IV князь Владимир Андреевич Старицкий, командовавший русским войском во время штурма Казани** и ворвавшийся в нее одним из первых, а в 1591 г. — князь Федор Иванович Мстиславский, занимавший в Боярской думе самое высокое

место по знатности рода, причем 36 лет, пережив семерых правителей. Добавим: в 1598, 1606 и 1611 гг. его включали в список кандидатов на пустовавший тогда московский престол. Однако опытный царедворец предпочел роль «делателя королей», умело лавируя между различными политическими силами и оставаясь в числе крупнейших землевладельцев того времени.

В 1635 г. Кимры получил (в награду за подписание выгодного для России «вечного мира» с Польшей) влиятельный придворный, дипломат князь Алексей Михайлович Львов, один из ближайших сподвижников нашего национального героя князя Дмитрия Михайловича Пожарского* — главы Народного ополчения, в 1612 г. освободившего Москву от польско-литовских интервентов. А в 1688 г. село перешло боярину Федору Петровичу Салтыкову, ставшему тогда тестем царя Ивана V. Слабый здоровьем монарх практически не занимался государственными делами, но на протяжении 1682–1696 гг. официально делил пре-

*См.: О. Викторова. Святилище древностей. — Наука в России, 2009, № 2 (прим. ред.).

**Осада и взятие города Казани русскими войсками стали логическим завершением третьего Казанского похода (июнь—октябрь 1552 г.) Ивана IV и положили конец существованию Казанского ханства как самостоятельного государства (прим. ред.).

*См.: А. Богданов. «Быть нам всем в совете и соединении...». — Наука в России, 2007, № 6; Л. Ляшенко. Во имя мира и согласия. — Наука в России, 2010, № 2 (прим. ред.).



Улицы Кимр.

стол со своим единокровным братом будущим императором Петром I. В начале их правления по заказу русского двора немецкие мастера изготовили единственный в мире двухместный серебряный трон, ныне находящийся в Оружейной палате*.

*Оружейная палата — московский музей-сокровищница, часть комплекса Большого Кремлевского дворца. Основу собрания составили веками хранившиеся в царской казне и патриаршей ризнице драгоценные предметы, выполненные в кремлевских мастерских и полученные в дар от иностранных государств (прим. ред.).

В 1762 г. императрица Елизавета Петровна пожаловала волость своей двоюродной сестре Анне Карловне Скавронской. Ее муж канцлер Михаил Илларионович Воронцов озаботился благоустройством и повышением доходности новых владений: окружил их каменной оградой, возвел обширный гостинный двор, проложил дороги, предложил местным жителям кредиты на выгодных для них условиях. В краеведческом музее хранятся подлинные предметы XVII–XVIII вв.: вышитая золотом икона, серебряные монеты, оружие, кре-

**В археологическом отделе
Кимрского краеведческого музея.**



**Коллекция обуви
Кимрского краеведческого музея.**



**Резчик по дереву Иван Абалеев
и его многофигурная композиция,
1930-е годы.**



стьянская утварь, а также гравюра «Село Кимры с луговой стороны Волги» (1772 г.) — его первое изображение.

На рубеже XVIII—XIX вв. деятельность Воронцова по экономическому развитию здешних мест продолжил итальянец на русской службе граф Джулио Ренато Литта — супруг следующей хозяйки волости из рода Скавронских Екатерины Васильевны, племянницы фаворита императрицы Екатерины II Григория Потемкина. Принятые меры принесли желаемые результаты — доходы как владельцев села, так и местных крестьян заметно выросли. Достаточно сказать, что в начале XIX в. наибольшее количество хлеба в Петербург доставляли именно кимрские торговцы. Стремительно стал набирать обороты и известный здесь еще с XIII в. обувной промысел.

Одно из древнейших в мире ремесел — обработка шкур животных и пошив из них изделий — издавна было на Руси едва ли не самым распространенным благодаря обилию сырья, а в XIII в. вступило в пору расцвета. Поскольку оно требовало большого расхода воды, мастерские строили вблизи рек — так в XIV—XV вв. на прибрежных участках городов появлялись целые улицы и слободы кожевников. В те времена они изготавливали главным образом поршни (обувь из одного куска кожи, стянутой по краям ремешком), мягкие туфли, полусапожки и сапоги. Активно развивался этот промысел и в приволжском селе Кимры, а также в большинстве ближайших деревень, тем более что в

тех местах проходил скотопрогонный тракт из восточных областей России в Москву.

Постепенно на основе небольших мастерских выросли крупные кожевенные дворы и заводы, где к XVII в. сложился технологический цикл выделки высококачественного материала для производства обуви, практически не изменившийся до конца XIX в. Шкуры лошадей, рогатого скота сначала вымачивали, очищали, промывали, размягчали с помощью кислых хлебных растворов, дубили корой дуба или ольхи, ивы, затем выравнивали и окрашивали. В XVIII в. кимрские умельцы шили из них множество различных изделий, начиная с тяжелых солдатских сапог и кончая дамскими бальными туфлями, причем вручную. Да к тому же изобрели способ изготавливать непромокаемые болотные сапоги: между наружным и внутренним слоями кожи прокладывали бычий пузырь (пленка, снятая с брюшины животного).

Во время Отечественной войны 1812 года уже знакомый читателям граф Литта предоставил местному промышленнику Андрею Столярову заказ на пошив обуви для армии, принесший последнему существенную прибыль. Это дало толчок преобразованию его мастерских в крупное производство и последующему созданию сети магазинов, в том числе в Петербурге, Ростове-на-Дону и Москве. В 1898 г. в Кимрах, заслуживших к тому времени звание «столицы сапожного царства», потомки удачливого кожевника основали «Товарищество Н.А. Столярова с сыновьями», а через



Преображенский собор.

девять лет построили первую в волости механическую фабрику «Якорь». Добавим: к этому роду принадлежит и один из первых здешних краеведов Алексей Столяров, автор нескольких книг о родных местах, вышедших в 1899–1908 гг.

Обувной промысел, столь нужный государству, активно поддерживало правительство, и вложенные средства быстро возвращались к нему с лихвой. Местные жители, также имевшие высокие доходы, в 1847 г. выкупились из крепостной зависимости, заплатив немалую сумму тогдашней своей хозяйке (это была дочь падчерицы Литты графиня Юлия Самойлова, муза великого русского художника Карла Брюллова (1799–1852), неоднократно запечатленная на его полотнах). На рубеже XIX–XX вв. село, где подавляющее число жителей составляли крестьяне-ремесленники (во всей волости насчитывалось около 16 000

сапожников-кустарей), по экономическому значению, численности населения значительно превосходило соседние города Кашин и Калязин. В нем функционировали три кожевенных завода, десятки мастерских, аптека, банк, бесплатная библиотека, училище, больница, фотографическая студия, парикмахерская, клуб, центральная Троицкая площадь была вымощена камнем, по вечерам горели уличные фонари и т.д. Не случайно на гербе Кимр изображен сапог, принесший им столь завидное благосостояние.

В местном краеведческом музее собрана одна из крупнейших в мире коллекция обуви, насчитывающая свыше 1500 единиц хранения — уникальных изделий здешних мастеров XVIII–XX вв. Посетители могут увидеть сапоги разного назначения и фасона — «в гармошку», рыбацкие осташи (из грубой, обычно некрашеной кожи), для солдат и офицеров, детские,



Кимрский гостиный двор.
Фото начала XX в.

пошитые на одну ногу; гамаши, гетры, рабочие башмаки, парусиновые тапочки, а рядом изящные «венгерки» — женские ботинки на шнуровке, кокетливые туфли на каблучке «рюмочка» и многое другое.

С жизнью кожевников и сапожников знакомят старинная мебель, посуда, одежда, фотографии начала XX в., а также раздел экспозиции, посвященный творчеству резчика по дереву Ивана Абаляева, имя которого вошло в «Мировую энциклопедию наивного искусства», вышедшую в Югославии на нескольких языках в 1984 г. Талантливый скульптор-самоучка родился в 1901 г. в селе Нутрома (ныне Кимрский район) в многодетной семье кустика-обувщика. С малых лет он работал «на липке», т.е. вытачивал деревянные колодки (преимущественно из липы), а первую скульптуру — фигурку кошки — создал в 15 лет. Постепенно мастер пришел к своей главной теме — изображению повседневной жизни окружающих его людей в пластике малых форм. Так появились убедительные и реалистичные многофигурные композиции «Кустарь-сапожник за работой», «Обед в семье кустика», «Кимрский обувной базар» и множество других.

С 1936 г. в тематические экспозиции изобразительно-народного творчества, организованные здешним музеем, начали включать и произведения Абаляева, а в 1938 и 1939 гг. там прошли его персональные выставки. Первую половину 1941 г. резчик работал над скульптурной группой «Собрание по организации колхоза в 1930 г.», ставшей в его творчестве последней: с началом Великой Отечественной войны он был призван защищать Родину и зимой 1941/1942 г. пропал без вести на фронте. С творчеством столь рано ушедшего из жизни самобытного мастера можно познакомиться, помимо местного краеведческого, в Тверском государственном объединенном историко-архитектурном и литературном музее и Тверской областной картинной галерее.

О том, как некогда бурлила жизнь в богатом селе, о внушительных масштабах местной коммерции, осо-

бенно в ярмарочные дни, свидетельствуют сохранившиеся фрагменты громадных гостиных дворов — «старого», построенного в конце XVIII в. тогдашним владельцем волости канцлером Михаилом Воронцовым, и «нового», в неорусском стиле, возведенного в 1914 г. Прототипом этого грандиозного пассажа, по видимому, послужил один из крупнейших торговых комплексов Европы того времени — московские Верхние торговые ряды (ныне ГУМ — Главный универсальный магазин; 1890—1893 гг., архитектор Александр Померанцев). Так, трехэтажную центральную часть кимрского «храма Меркурия» венчала пирамидальная крыша, напоминающая столичный прототип, а по бокам от нее высились две шатровые башни (не сохранились).

В 1911 г. в том же стиле соорудили нарядный Спасо-Преображенский собор, ныне один из красивейших здешних памятников архитектуры. Его заложили над целебным источником, имеющим, по словам прихожан, чудотворную силу. Мощный куб основного объема здания венчают пять глав в форме шатров, окруженных килевидными кокошниками. К 100-летию главного кимрского собора его фасад украсили иконами, выполненными в технике византийской мозаики из поделочных и полудрагоценных камней: кварцита, лазурита, лабрадорита и др., (автор этих произведений — израильский художник Дмитрий Хрущ).

Необычная судьба волостного села, более похожего на город, ставшего в XIX в. центром большого кожевенно-обувного района всероссийского значения, определила и его архитектурный облик. Неуклонно росло число зданий промышленного, торгового назначения, причем особенно интенсивно в конце столетия, а зажиточные обитатели Кимр возводили многокомнатные особняки, причем желали, чтобы и снаружи и изнутри они отвечали столичной моде. Поэтому местные строители брали за образец творения маститых зодчих, представителей распространен-



Каменный дом Лужиных.



Деревянный дом Лужиных.

ных тогда в нашей стране русского и классицистического направлений эклектики*, а иной раз сооружали здания, соединявшие в себе несколько стилей. Таков, например, дом скупщика обуви Гуржиева: первый этаж фасада по декору напоминает западноевропейские дворцы XVII в., второй — византийские храмы.

В начале XX в. доминирующим в кимрской архитектуре стал модерн**: пожалуй, нигде в российской провинции не увидишь такого количества не похожих один на другой прихотливых, изысканных особняков, как деревянных, так и кирпичных, с высокими кровлями, башенками, балконами, крылечками, окнами причудливой формы. Причем главная особенность небольших двух- и трехэтажных домов, построенных здешними крестьянами, купцами, скупщиками обуви в стиле Серебряного века, — соединение приятного с полезным, когда утилитарное, практичное одновременно выполняло функцию украшения.

*См.: Т. Гейдор. Полистилизм в русской архитектуре. — Наука в России, 2009, № 5 (прим. ред.).

**См.: Т. Гейдор. Русская архитектура Серебряного века. — Наука в России, 2009, № 6 (прим. ред.).

Так, на первом этаже, нередко с большими круглыми окнами (называемыми в Кимрах венецианскими, а в православной архитектуре — «розами»), располагалась мастерская или лавка хозяина, выше — жилые комнаты. Еще один штрих, характеризующий прагматичность местных жителей, — предпочтительное использование при наружной отделке каменных зданий прямоугольной (размерами, как у кирпича) облицовочной плитки «кабанчик». Дешевая, удобная в перевозке, устойчивая к перепадам температур и атмосферным осадкам, легко совмещаемая с другими строительными материалами, она к тому же весьма нарядна: глазурированное покрытие, испещренное мелкими трещинами, позволяет наблюдать игру света и тени, десятилетиями сохраняя свой яркий цвет. Так оформили, например, фасады купеческого клуба, особняков Тихомировых, Серепьевых.

Замечателен кирпичный дом Лужиных, в облике которого заметно влияние творчества выдающегося отечественного зодчего Федора Шехтеля (1859–1926) — родоначальника яркого, отличающегося особой декоративностью, эмоционально насыщенного направле-

**Дом Рыбких.**

ния «нового стиля» — московского модерна. Впечатляют фигурный фронтон (завершение торцевой стены) с приподнятой полукруглой центральной частью и двумя «крыльями» по бокам; необычайно выразительный, огромный, нависающий над улицей балкон с красивыми коваными перилами; лепная шестиконечная звезда над чердачным окном — знак языческого бога Перуна, оберег от удара молнии. Надо сказать, всевозможные подобные символы — пинакли (декоративные башенки), олицетворяющие луч надежды, крины (стилизованные лилии), означающие пожелание жильцам дома процветания, и т.д. — были в большом ходу у кимрских архитекторов.

Рядом с каменным особняком Лужиных стоит деревянный, принадлежавший членам того же семейства. Удивительно нарядный, с двухэтажной бревенчатой башней-вышкой, большими круглыми окнами, крыльцом с тонкими точеными колоннами, он украшен замысловатой резьбой, вызывающей в памяти причудливые графические виньетки художников Серебряного века. Еще один очаровательный «теремок», как его называют местные жители, построили зажиточные крестьяне Рыбких. Сразу приковывают внимание крупные, прихотливые детали его наружного декора: на первом этаже парадного фасада также окно-«роза», остальные, на втором и в мансарде, — узкие, подковообразной формы, с замысловатыми наличниками, венчает здание высокая шатровая кровля, а сбоку к нему примыкает живописная беседка с изысканной резьбой.

Таких уникальных построек, с неповторимым обликом, немало в этом городе — настоящем музее под



открытом небом. Именно в них народные традиции деревянного зодчества переплелись с фантазийностью, нарочитой декоративностью, асимметричностью композиции, плавностью линий резьбы, образовав специфический «кимрский модерн», определяющий поныне облик районного центра. Добавим: часть таких особняков появилась тут в 20-е годы XX в., в то время как фактически с 1915 г. их нигде в стране уже больше не возводили. То ли неторопливость и степенность здешних обитателей тому причина, то ли очень уж пришелся им по нраву «новый стиль», но благодаря их пристрастию этот город сегодня — подлинный архитектурный заповедник Серебряного века, по мнению специалистов, единственный в Центральной России.

Иллюстрации предоставлены автором

«ЖЕМЧУЖИНА ОЗЕР»



Байкал — всемирное сокровище» — название прошедшей недавно в штаб-квартире ЮНЕСКО* (Париж) международной научно-практической конференции, организованной при поддержке постоянного представительства нашей страны при этой организации, российского Фонда содействия

*См.: М. Малыгина. Награда ЮНЕСКО. — Наука в России, 2011, № 2 (прим. ред.).

сохранению озера Байкал*, правительства Республики Бурятия, Русского географического общества, Музея океанографии Монако и Фонда принца Альберта II. Подробно об этом событии корреспонденту

*См.: М. Кузьмин, Г. Хурсевич. Диатомовая летопись Байкала и изменение климата. — Наука в России, 2012, № 3 (прим. ред.).

Озеро Байкал.



**Штаб-квартира ЮНЕСКО
в Париже.**

газеты «Наука в Сибири» Эвелине Асташонок рассказал участник мероприятия, доктор географических наук директор Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН (Иркутск) Виктор Плюснин.

Он подчеркнул, что непосредственно перед открытием заседания с успехом прошла выставка «Волшебный мир Байкала»: на ней организаторы представили цветные крупноформатные иллюстрации береговых пейзажей самого озера, а также изображения, сделанные при помощи глубоководных аппаратов «Мир»* (растения, животные, губки, выходы газогидратов** и грязевые вулканы). Кроме того, был показан фильм «К глубинам Байкала» об исследованиях международной экспедиции — это и подводные съемки, и живописные окрестности самого Байкала, и удивительные открытия работавших здесь ученых.

Участников выставки приветствовали заместитель генерального директора ЮНЕСКО по вопросам культуры Франческо Бандарин, постоянный представитель России при этой организации Элеонора Митрофанова (она затронула проблемы охраны и очистки озера и стоков, идущих по Селенге; замусоривания берегов и закрытия Байкальского целлюлозно-бумажного комбината***), а депутат Государственной Думы РФ Михаил Слипенчук подробно рас-

сказал о создании и работе аппаратов «Мир», построенных в 1985 г. в Финляндии по чертежам советских специалистов. На сегодняшний день с их помощью сделано уже 10 научных открытий — на подходе еще несколько, ведь работы будут продолжаться. Он заявил о том, что в июле — августе 2012 г. в Улан-Удэ состоится встреча по приоритетам развития Байкальской природной территории. А тема сохранения озера будет также затронута на Байкальском экономическом форуме.

Выступление депутата дополнил и расширил председатель технического совета названного ранее Фонда Анатолий Сагалевич — он участвовал в создании всемирно известных глубоководных аппаратов «Мир», совершивших 178 погружений с участием 215 гидронавтов.

В свою очередь директор Байкальского института природопользования СО РАН (Улан-Удэ) член-корреспондент РАН Арнольд Тулохонов предложил создать корпорацию по изучению подводных глубин подобную Роскосмосу*. Кстати, среди докладчиков присутствовали и специалисты названной организации. Они рассказали о своей работе: по снимкам из космоса им удастся определять всевозможные образования на Байкале — круги, трещины и проталины, периодически появляющиеся на одних и тех же местах. Все это — итог выхода на поверхность газогидратов — результат работы термальных источников, расположенных на дне озера.

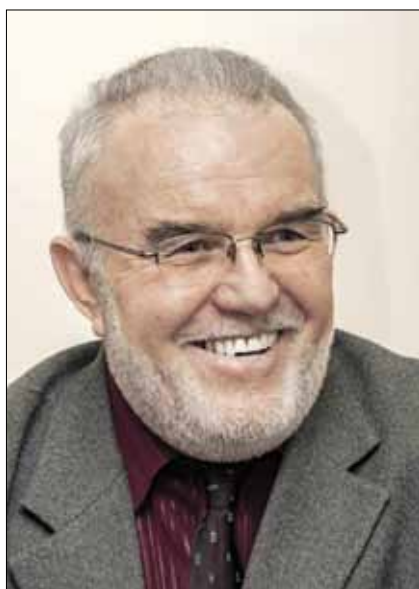
Также с приветственным словом выступили заместитель Генерального директора ЮНЕСКО по Сек-

*См.: М. Хализева. Донные трассы «Миров». — Наука в России, 2009, № 2 (прим. ред.).

**Газовые гидраты (гидраты природных газов, или клатраты) — кристаллические соединения, образующиеся при определенных природных температурных условиях из воды и газа (прим. ред.).

***Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат (БЦБК) — промышленное предприятие (запущено в 1961 г.), расположенное в г. Байкальск (Слюдянский район, Иркутская область), на юге восточного берега озера Байкал. Получило широкую известность как крупнейший источник его загрязнения (прим. ред.).

*См.: М. Евгеньева. Наступление на космос. — Наука в России, 2011, № 4; М. Хализева. «Радиострон» приблизит дальний космос. — Наука в России, 2012, № 1 (прим. ред.).



**Директор Института географии
им. В.Б. Сочавы СО РАН
Виктор Плюснин.**



**На международной научно-практической конференции
«Байкал — всемирное сокровище».
На фото принц Монако Альберт II.**

тору точных и естественных наук Гретхен Калонджи, министр по экологии, устойчивому развитию, транспорту и жилищному строительству Франции Тьерри Мариани, представитель буддийского сообщества Дид Хамбо-лама Дагба Очиров.

Французский делегат подчеркнул: озеро Байкал вызывает огромный интерес во всем мире, в том числе и во Франции, и он рад, что проблемой сохранения этого поистине уникального водоема и работами по его детальному изучению и освоению занимаются на самом высоком уровне и его соотечественники.

На самой же конференции более детально обсуждали проблемы охраны озера и подвели итоги упомянутой экспедиции «Мирон». Исследователи и эксперты из России и ряда европейских стран зачитали свои доклады о работах при глубоководных погружениях на дно озера. Своеобразным итогом встречи стали резолюция о продолжении комплексного изучения экосистемы Байкала с привлечением современных экологически безопасных технологий и рекомендации о создании в регионе Международного центра по экологическим инновациям и устойчивому развитию.

Большой интерес вызвал доклад Виктора Плюснина. Он информировал участников форума о некоторых морфологических характеристиках озера и проблеме экологического зонирования Прибайкальской природной территории. Исследователь сообщил, что в нашей стране для решения данного вопроса до сих пор используют градостроительное планирование вместо ландшафтного, которое здесь более уместно: в будущем на его основе можно было бы установить границы центральной экологической зоны. А ныне, по словам ученого, происходит произвольная застройка и отчуждение земель, также возникают проблемы с

местными жителями. Скажем, возможный запрет рыболовства — люди рыбачили на Байкале всегда и просто запретить им это никто не имеет права.

Плюснин говорил и о ряде насущных «узловых» проблем озера — сохранение чистоты его вод (необходимость закрыть вызывающий много споров БЦБК или изменить его профиль), развитие туризма (Байкал — достояние человечества, поэтому его нужно открыть для всех; предстоит, прежде всего, создать экологически безопасную инфраструктуру, т.е. построить хорошие отели, дороги, турбазы и т.д., удачно вписывающиеся в ландшафт). Важно и то, что Фонд содействия сохранению Байкала решил поддержать два предложения по исследованиям — содействовать научной работе по картографированию местного региона и Монголии, а также привлечь для сбора данных сверхлегкие летательные аппараты, оснащенные мощным современным оборудованием, наподобие тех, которые активно используют специалисты на Женевском озере в Швейцарии. Ведь пока из космоса мы можем получить только изображение поверхности — причем часто не очень четкое, а с помощью таких небольших самолетов появится возможность изучить более глубинные процессы в самом озере.

*Асташонок Э. Байкал — достояние всего мира. —
Газета «Наука в Сибири», 2012, № 22*

Иллюстрации из интернет-источников

Материал подготовила Мария САПРЫКИНА

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЕ УНИКУМЫ

Ирина ПОЛЯНСКАЯ, директор библиотеки
Политехнического музея (Москва);

Георгий НИКИЧ, кандидат искусствоведения,
куратор выставки «Редкий фонд. Уникальные издания
из собрания Политехнической библиотеки и их характеры»

**В конце мая 2012 г. в Москве открылась выставка
«Редкий фонд. Уникальные издания
из собрания Политехнической библиотеки и их характеры».**

**На ней были представлены экспонаты
из редкого и основного фондов —
21 из трех с половиной миллионов изданий,
составляющих сегодня одну из крупнейших коллекций
научно-технической книги в России.**

СТАНОВЛЕНИЕ

В 2012 г. в ходе празднования 140-летнего юбилея Политехнический музей* все глубже и разнообразнее интерпретирует свои коллекции, ищет новые способы активного общения с аудиторией.

В рамках очередного выставочного проекта его сотрудники и куратор задались непростыми вопросами: какова роль библиотеки в данном музее? как интереснее представить книги в экспозиции? можно ли сделать видимой связь между книжным знанием и музейной предметностью? Ответы на все эти вопросы были получены путем неожиданного эксперимента — мультимедийной выставки некоторых из самых интересных изданий редкого фонда.

Наша библиотека уже через два года отпразднует свое 150-летие (парадоксально, но она старше самого

Музея на 10 лет!). И это не случайно: как и в истории древнего мира, в нашей стране с середины XIX в. идея собирания и распространения научных знаний воплотилась именно в таком формате и опередила принятую позже музейную практику — коллекционирование, классификацию, хранение предметов.

Сегодня наша библиотека является одним из старейших научно-технических учреждений России. Основано ее в 1864 г. Общество любителей естествознания, антропологии и этнографии при Московском университете. «В каждом государстве, где общественный строй покоится на трезвых, разумных основаниях и где, следовательно, идея о необходимости умственного, нравственного и материального развития приняла для большинства осязательную форму, распространение просвещения вообще, а также разнообразных научных специальных знаний должно считаться насущной потребностью» — таков был

*См.: Г. Григорян. Политехнический музей. — Наука в России, 2003, № 2 (прим. ред.).

**Выставка «Редкий фонд.
Уникальные издания
из собрания Политехнической
библиотеки и их характеры».
Первая часть экспозиции.**



девиз этой организации, руководствуясь которым ее члены — университетские профессора — передавали ей в дар книги, ставшие основой уникального библиотечного фонда.

В дальнейшем приобретение специально подобранных изданий вышеупомянутое Общество уже включило в число «непременных предметов своих занятий»: участникам было поручено составить для библиотеки списки наиболее необходимых журналов и книг: Григорию Шуровскому (1803—1884) — по геологии и минералогии; Анатолию Богданову (1834—1896) — по зоологии и антропологии; профессорам Алексею Владимировскому (1821—1881) — по физическим наукам и Августу Давидову (1823—1885) — по математическим и астрономическим наукам. Всемирно известные отечественные ученые — также участники общества — химики член-корреспондент Императорской Санкт-Петербургской АН Дмитрий Менделеев (1834—1907)* и академик Петербургской АН Александр Бутлеров (1828—1886), физик Александр Столетов (1839—1896) активно пользовались библиотекой и приносили ей в дар собственные сочинения с автографами и книги из личных собраний. Кроме того, в течение многих лет члены общества выписывали для нее журналы за свой счет.

Итак, Политехническая выставка 1872 г. в Москве заложила основы Музея прикладных знаний — будущего Политехнического. Тогда же был открыт отдел, где печатали и распространяли «Полезные и дешевые издания и изображения», затем поступавшие в

библиотеку. Поступала сюда литература и с других научных выставок, съездов, проводившихся как в стране, так и за рубежом (из Лейпцига, Стокгольма, Парижа и др.). Члены общества, посещая их, привозили на Родину местные издания и рукописные материалы. Таким образом научная литература накапливалась в библиотеке Общества любителей естествознания с самого начала, причем не случайными поступлениями, а систематически, что наиболее ценно для такого специального научного учреждения.

В настоящее время наши фонды насчитывают более 3,5 млн экземпляров изданий на русском и иностранных языках. В них широко представлена литература по техническим и естественным наукам, экологии, экономике, промышленности, транспорту, связи, строительству, архитектуре, прикладному искусству. Составной частью библиотеки является редкий фонд, который начал формироваться в середине XX в. путем выявления наиболее уникальных изданий нашего собрания. Сейчас редкие и ценные книги и журналы периода XVI — середины XIX вв. насчитывают свыше 13 тыс. единиц хранения.

«ВРАТА» В МУЗЕЙ

Итак, на открывшейся в 2012 г. выставке изданий из нашего редкого фонда, о которой пойдет речь далее, книги нельзя читать как обычно — скорее, их можно представлять, сравнивать со своим опытом и знаниями.

Научные труды прошлых столетий удивляют посетителей по-разному. Одни — дальновидностью прозрения, другие — высоким уровнем визуальной культуры, третьи — поэтичностью языка. Например, об

*См.: М. Савченко. Гордость и слава России. — Наука в России, 2004, № 1; Е. Гинак. Менделеевский историко-архитектурный комплекс. — Наука в России, 2003, № 6; Е. Соломенко. Петербург Менделеева. — Наука в России, 2009, № 6 (прим. ред.).



Книга «Проект электрических городских железных дорог города Москвы. Первая очередь. Объяснительная записка». — Москва: Городская Типография, 1908.

электричестве в начале XIX в. было написано (орфография оригинала сохранена. — *Прим. ред.*): «Эта сила есть свойство притягивать и отталкивать легкие тела; производить впечатление, подобное прохладному ветерку; издавать запах, похожий на фосфорной, также искры, и светлые кисточки...». Так написано в «Физике» Ивана Двигубского* 1814 г. Книга «вмонтирована» в стол, на котором представлены и другие «истории из физики». Посетитель может увидеть, что, скажем, в «Вольфгангской Экспериментальной физике»** описывается устройство барометра, а рядом на мониторе представлено современное прочтение аналогичных научно-практических сюжетов.

Следует отметить, если в редком фонде библиотеки допущенный туда читатель может в белых перчатках аккуратно брать, перелистывать, медленно читать и осмысливать издания, ощущать их запах, фактуру и плотность бумаги, под разными углами рассматривать замечательные гравюры, то на выставке он всего этого лишен. Зато ему открыта масса новых интересных мультимедийных возможностей познания.

*Иван Двигубский (1771/1772–1839) — российский естествоиспытатель, ректор Московского университета в 1826–1833 гг. Читением лекций и изданием своих трудов на русском языке способствовал распространению естествознания и естественно-исторического образования в нашей стране. Разработал русскую ботаническую номенклатуру и ввел в научную ботанику ряд новых терминов (*прим. ред.*).

** «Вольфгангская Экспериментальная физика» — первый учебник по экспериментальной физике на русском языке, представляющий перевод шестого раздела книги немецкого ученого-философа эпохи Просвещения Людвиг–Филиппа Тю(и)ммига (Thümmig Ludwig–Philipp, 1697–1728) «Основания Вольфгангской философии, составленные для академического использования», вышедший в свет в 1746 г. (*прим. ред.*).

Чтобы восстановить содержательную эмоциональную полноту прямого общения с историей и знанием, тут в пространстве общего доступа приходится действовать особыми методами. Показ книги как объекта является здесь не самоцелью, а поводом для открытия разнообразных сюжетов-историй, инструментом активизации и расширения знаний и, наконец, проводником в другие музейные разделы. Не случайно выставка «Редкий фонд» развернута именно в центре постоянной экспозиции Политехнического музея (кстати, из него, минуя пластмассовую открытую страницу с огромной фотографией, можно оказаться в предметной среде «Зала метеорологии», если пойти в одну сторону, или в «Мире электричества», если направиться в противоположную).

Особенно интересно затронуть оформление экспозиции. Размещенные здесь странные конструкции из медных трубок, зеркала и зеленые шторы, приглушенный свет, мелькание изображений на разномастных экранах и негромкая, но активная звуковая атмосфера, возможность читать тексты, цепями прикованные к торшерам, или отвечать на простые и сложные вопросы, листая перекидные конструкции-угадайки, — все это позволяет одним погрузиться в атмосферу «музейно-книжного мира», другим — включиться в долговременное изучение текстов и видео, третьим — на короткое время погрузиться в мультимедиа, допустим, об арифметике. При этом последний оказывается частью истории, центром которого является знаменитое редчайшее издание 1703 г. «Арифметика, сиречь наука числительная. С разных диалектов на славенский язык преведена и воедино собрана и на две книги разделена» (это полное оригинальное название, больше она известна как «Ариф-

**Книга Циолковского К.
«Аэростат металлический
управляемый».
Издание С.Е. Черткова. —
Москва: Типография
М.Г. Волчанинова, 1892.**



метика Магницкого)*. Зрители могут прямо на месте в электронном варианте решать задачи из этого и других математических учебников.

Впрочем, самое захватывающее зрелище на выставке — книга начала XVI в. В ней — письма Эразма Роттердамского (1469–1536), знаменитого нидерландского интеллектуала своего времени, советника королей, автора великого текста «Похвала глупости» (1509 г.). Присев в удобное кресло-мешок рядом с витриной и взяв наушники, вы услышите рассказ доктора исторических наук, известного историка-медиевиста, профессора МГУ и Российского государственного гуманитарного университета Натальи Басовской. Взглянув еще раз на замечательную книгу, зритель с удивлением обнаружит: за стеклом, на полке, издание расположилось так же комфортно, как и он сам, на специально скроенной для него мягкой подушке из того же материала; словом, читатель и книга оказываются символически уравненными в праве соприсутствия в экспозиции.

Отметим, на выставке историю книг дополняют странные на первый взгляд «картины» в золотых рамах. Часть из них — увеличенные страницы, тексты и гравюры, другие — загадочные детали механизмов, отблески света, странные формы — так в «редкий фонд» проникает настоящий предметный мир постоянной экспозиции Политехнического музея.

Кстати, связь музея и библиотеки, неразрывность фундаментальной науки и инноваций — именно на этом основании многие книги и авторы «аккумули-

ровали» темы и сюжеты, актуальные для современности. Речь идет, в том числе, о проектах цельнометаллического дирижабля Константина Циолковского (1857–1935)*, о «Первых основаниях металлургии или рудных дел» (1763 г.) академика Петербургской АН, члена Академии художеств, почетного члена Стокгольмской и Болонской академий наук Михаила Ломоносова**, о «Письмах о заводах» (1885 г.) выдающегося химика Дмитрия Менделеева, об огромном томе о строительстве Эйфелевой башни в Париже с автографом знаменитого французского архитектора Гюстава Эйфеля***, и о схемах развития городской инфраструктуры Москвы в начале XX в.

В заключение хочется сказать: музей и библиотека делают одно дело. Научное изучение текстов и предметов конвертируется в образы, развивающие творческие способности зрителя, его интерес к познанию и расширению собственных горизонтов мира — понимаемого и открытого к взаимодействию. Все это нашло отражение в оригинальной выставке, посетив которую нельзя остаться равнодушным.

*См.: Е. Кузин. «Пророк космонавтики, гражданин Вселенной». — Наука в России, 2007, № 5 (прим. ред.).

**См.: Э. Карпов. Гигант российского просвещения. — Наука в России, 2003, № 3 (прим. ред.).

***Александр Гюстав Эйфель (1832–1923) — французский инженер, специалист по проектированию стальных конструкций. Завоевал широкую популярность после постройки в Париже к выставке 1889 г. металлической башни, принадлежащей к замечательнейшим техническим сооружениям XIX в. и названной в его честь (прим. ред.).

*Леонтий Магницкий (при рождении Теляшин; 1669–1739) — математик, педагог. Преподаватель математики в Школе математических и навигацких наук в Москве с 1701–1739 г., автор первой в России учебной энциклопедии по математике (прим. ред.).

Материалы, опубликованные в журнале «НАУКА В РОССИИ» в 2012 г.

ПРОБЛЕМЫ. ПОИСК. РЕШЕНИЯ

Алексеев Л.

Иммуногенетика человека в биомедицине..... 6

Григорьев А., Макоско А., Матешева А.

Перспективы геомедицинских исследований 2

Григорьев А., Моруков Б.

«Марс-500»: предварительные итоги 3

Деревянко А., Шуньков М.

Новый взгляд на заселение человеком Евразии..... 2

Ефанов В., Мартынов М., Пичхадзе К.

Космические роботы для научных исследований ... 1

Сенин И. Биосенсоры в фармакологии..... 1

Синицын А. Портфель будущих инноваций 3

Сиренко Б., Гагаев С.

Под ледяным покровом Южного океана..... 1

Сирин А., Рысин Л., Гульбе А.

Как меняются наши леса 4

Солнцева Г. Орган равновесия..... 2

Судницын И., Шеин Е. Вода и жизнь растений 3

Моисеенко Т., Шалабодов А., Гашев С.

Качество сибирских вод 4

Филоненко Е.

Флуоресцентная диагностика и фотодинамическая терапия в онкологии 4

Шпак В.

Плавкий предохранитель: история с продолжением ...5

ТЕХНИКА XXI ВЕКА

Пономарев-Степной Н., Кухаркин Н., Гребенник В.

Эффект высоких температур 3

Малыгина М.

«Сосудистый лазер» в дерматологии..... 1

Хализева М.

«Радиоастрон» приблизит дальний космос 1

Хализева М. Ловушка для кориума 5

ЮБИЛЯРЫ

Авруцкая Т.

«Жизнь я привык связывать с наукой» 5

Велихов Е. Гордость российской науки..... 6

Ефанов В., Мартынов М., Пичхадзе К.

Автоматические космические аппараты на службе науки..... 5

Каблов Е. ВИАМ: продолжение пути..... 3

Кузнецова Р., Попов В.

Научное наследие академика Курчатова..... 6

Пимнева В., Дормидонтова А.

Поэтический мир Паустовского..... 2

Сивинцев Ю.

Несколько незабываемых встреч 6

Сидоренко В.

Зачинатель атомной энергетики Советского Союза... 6

Коллеги и друзья о Николае Ивановиче Вавилове....5

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Кузьмин М., Хурсевич Г. Диатомовая летопись Байкала и изменение климата.....	3
Латыпов Ю. Наша задача спасти коралловые рифы	1
Малыгина М. Зарубежные ноу-хау в российскую фармацевтику.....	3
Хализева М. Литий-ионные аккумуляторы из Сибири.....	3

У НАС В ГОСТЯХ

Котляков В. География — одна из основ современного естествознания	1
Матишов Г., Балыкин П., Пономарева Е. Рыболовство и аквакультура России.....	1
Чумаков П. Выход за пределы возможного: проект «Геном человека».....	4

ТОЧКА ЗРЕНИЯ

Вехов Н. В поисках «Северной Атлантиды»	2
Герман А. Арктические динозавры: оседлые обитатели или кочевники?	6
Курганова И., Кудеяров В. Экосистемы России и глобальный бюджет углерода	5
Кутлунина Н., Князев М. Эволюционный потенциал клональных видов: миф или реальность	4
Никишин А. Геологическая история Земли	1
Федотов Г., Добровольский Г. Природа наноструктуры почв	6

ИННОВАЦИИ. НАНОТЕХНОЛОГИИ

Малыгина М. Новые возможности полимерных пленок	2
Хализева М. Провода с прочностью стали.....	2
Хализева М. Газоанализаторные датчики «Оптосенса»	4

ВРЕМЕНА И ЛЮДИ

Базанова О. Купеческая столица Прикамья	1
--	---

Базанова О. У подножия Каменного Пояса	2
Базанова О. «Чайная столица Российской империи».....	3
Базанова О. «Сердце Волги»	4
Базанова О. Заповедник провинциального модерна	6
Баландин Р. Александр Герцен: жажда идеала	3
Стрелков В. Создатель токамака	4
Счастливец В., Родионов Д., Хлебникова Ю. Тайны златоустовского металла.....	1

ИСТОРИЯ НАУКИ

Варламов В., Ишханов Б., Недорезов В. Электромагнитные взаимодействия ядер	5
Кулаков В. Античная традиция в искусстве эпохи Меровингов.....	1
Маркин В. Русские полярные экспедиции 1912–1914 годов	4
Михайлин В. «Способности» релятивистского электрона	5
Парафонова В. Диагностика быстропротекающих процессов	2
Первооткрыватель космических ливней	5
Фокин С. Отто Бючли и его русские ученики.....	2

С МЕСТА СОБЫТИЙ

Малыгина М. «Сухое» хранение отработанного ядерного топлива	5
Полянская И., Никич Г. Политехнические уникамы	6
Попова М. Инновации: спрос и предложения	2
Сидорова Е. Адаптация к изменению климата: роль ученых	2
Сидорова Е. Биотопливо и энергия для развития страны	4
Хализева М. Опыт. Компетенция. Масштаб.....	6

НАШ ДОМ — ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

Жульников А. Петроглифы Белого моря	3
Рожнов В. Живая Арктика: элементы «мозаики».....	4

ИЗ ПРОШЛОГО**Счастливец В., Родионов Д., Хлебникова Ю.**

Невьянская башня: реалии прошлого..... 2

ПУТЕШЕСТВИЯ ПО МУЗЕЯМ**Борисова О.** Царство клавиш и струн 2**Борисова О.** Самый «московский» музей..... 3**Писарева С.** В диалоге со временем 5**Силкин И.** Эффект резонанса 1**РАЗМЫШЛЕНИЯ НАД КНИГОЙ****Булатов В.** Первый атлас Сибири..... 4**Маркин В.** Он был соизмерим с эпохой..... 3**ГОД РОССИЙСКОЙ ИСТОРИИ****Перхавко В.** Первый «Государь всяя Руси» 5**Пчелов Е.**

Юбилей российской государственности 4

Мезенцев Е. «Лев русской армии» 5**Мезенцев Е.** «Ключ к Москве» 6**ПАНОРАМА ПЕЧАТИ**

«Союз» стартует с экватора..... 1

Диагностировать рак поможет молибден 1

Лазерные диоды —

перспективные источники излучения 1

Новые технологии береговой защиты..... 1

Освоение Удоканского месторождения 1

Проблемы современного леса 1

Атомная энергетика: новый подход 2

Околоземная астрономия 2

Российский прибор на американском марсоходе ... 2

Переход на наноуровень..... 2

Поле Ириновское..... 2

Сетевой мониторинг климата..... 2

Лазеры для проекционного телевидения..... 3

Глобальное потепление:

масштабы и последствия 3

Хлеб — всему голова 3

Мониторинг лесов 3

«Биос-3»: новый эксперимент..... 4

Электронный холодильник для протонов 4

Жидкие кристаллы:

от телевизора до антибиотиков 4

ТВС-квадрат для реакторов западного дизайна 4

Геодинамическая безопасность 4

Исследования на «Вулканологе» 4

Самолет-лаборатория «Оптик» 5

Высоты солнечно-земной физики 5

Притяжение Арктики 5

Российский прибор «ДАН» на Марсе 6

Продукты с «фабрики генов» 6

Гарантированная безопасность

плюс экономическая эффективность 6

Нежданные вселенцы 6

«Жемчужина озер» 6