

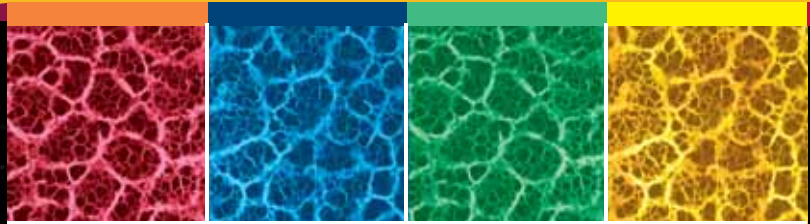
Познавательный журнал для хороших людей

НАУКА

из первых рук

5

5⁽²³⁾
● 2008



НАУКА ИЗ ПЕРВЫХ РУК

№ 5 (23) 2008

НУКЛЕИНОВЫЙ
КОНСТРУКТОР

АКАДЕМИК
ХРИСТИАНОВИЧ:
УЧЕНЫЙ, ИНЖЕНЕР,
ЧЕЛОВЕК

СОБОЛЕВ
ИЗ ШКОЛЫ ЭЙЛЕРА

ДАР ФРАНКЛИНА
ЕКАТЕРИНЕ II

www.sciencefirsthand.ru



НАНОТЕХНОЛОГИИ:

Вчера, сегодня, завтра



Дорогие друзья!

В новом выпуске журнала опубликованы статьи, авторы которых являются одновременно сотрудниками Сибирского отделения РАН и практикующими врачами. Как такое могло произойти? Дело в том, что в нашей стране вопросы медицины и здравоохранения традиционно занимались в Академии медицинских наук. Однако успехи последних лет в естественных и точных науках и приборостроении привели к тому, что современная медицина стала в полном смысле наукой, причем наукой междисциплинарной и не способной существовать в автономном режиме.

В Российской академии наук уже несколько лет работает целевая программа «Фундаментальные науки — медицине», направленная на использование достижений РАН для решения ключевых проблем фундаментальной и клинической медицины. В рамках программы проводятся исследования причин и механизмов развития социально-значимых болезней и работы по созданию принципиально новых препаратов, материалов и приборов медицинского назначения.

Начало масштабных исследований в области медицины в Сибирском отделении РАН ознаменовалось созданием в 2000 г. Центра новых медицинских технологий как научного отдела Института химической биологии и фундаментальной медицины со своей мини-клиникой. Основная задача нового центра заключалась в аккумуляции результатов фундаментальных исследований, проводимых в институтах СО РАН и представляющих интерес для медицины.

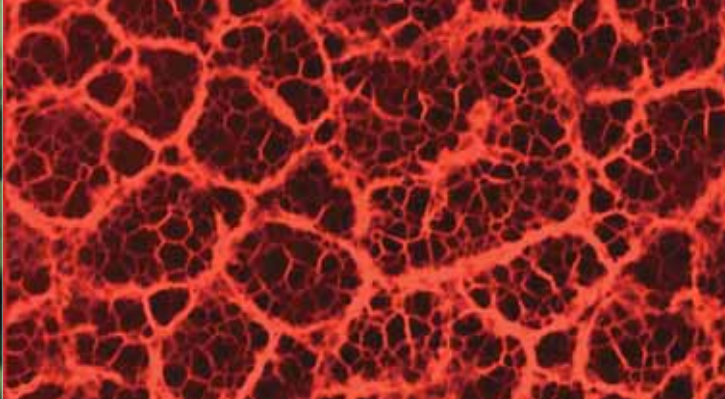
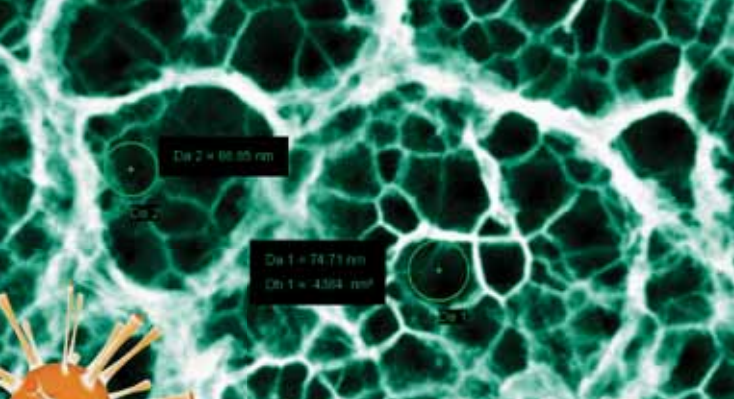
Центр является своего рода прототипом исследовательского медицинского учреждения будущего, где результаты проводимых исследований по новейшим научным направлениям оперативно внедряются в медицинскую практику. По сути, он является как бы постоянно действующей выставкой и испытательным стендом для обкатки новой медицинской техники и полигоном для отработки и совершенствования новых методик диагностики и лечения, создаваемых в СО РАН. Среди приоритетных направлений — разработка малоинвазивных хирургических технологий; лечение мужского и женского бесплодия; разработка геронтологических методов на основе подходов «персонализированной» медицины; в перспективе — генотерапия и регенеративная медицина с использованием клеточных технологий.

Среди достижений центра можно отметить уникальные запатентованные методики гинекологических обследований и обследований молочной железы с помощью недорогих безопасных контрастных средств; апробацию разработанных в ИХБФМ СО РАН тестов на предрасположенность к тромбообразованию, наличие инфекционных агентов, переносимых клещами, а также разных типов вирусов гепатита и туберкулезных бактерий. Здесь разработана оригинальная методика лечения венозной недостаточности с использованием приборов, созданных в Институте лазерной физики СО РАН. Среди отечественных установок, действующих в центре, — тепловизор, созданный в Институте физики полупроводников СО РАН, малодозный цифровой рентгеновский аппарат, разработанный в Институте ядерной физики СО РАН, созданный в Санкт-Петербурге уникальный корректор движений и многие другие.

Сегодня этот многопрофильный лечебно-диагностический центр, оснащенный современным медицинским и научным оборудованием, известен далеко за пределами Новосибирска: лечиться и обследоваться сюда едут пациенты из разных уголков страны. А на возможные упреки, что наша академическая наука злоупотребляет прикладными аспектами, напомним, что ориентация на реальные потребности общества — краеугольный камень в здании, которое пятьдесят лет тому назад заложил М. А. Лаврентьев.

Кроме того, памятуя, что лучшее и самое доступное лекарство — смех, мы поместили в новом выпуске журнала подборку «курьезов» — примечательных или комических случаев, собранных сибирским историком и этнографом проф. В. М. Кулемзиным. Их герои — как простые охотники, рыбаки, так и крупные ученые. Эти «истории», вызывающие сначала смех, потом наводят на размышления и позволяют более справедливо оценить характер нашего народа, его несгибаемость и одновременно пластичность, неистребимый оптимизм в любых, даже самых непростых, ситуациях.

академик Н. Л. Добрецов,
главный редактор



В этом году **БИОЛОГИ** собрали большой урожай **НОБЕЛЕВСКИХ ПРЕМИЙ**. **С. 10**

Новым «носителем» **КОЛЬЦА Людвига ПРАНДТЛЯ** впервые стал **РОССИЯНИН**. **С. 15**

У Сибирского отделения РАН есть все шансы стать одним из **ФОРПОСТОВ НАНОНАУКИ** в России. **С. 24**

На основе **НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ** созданы **ТЕСТ-СИСТЕМЫ** для генной диагностики **ВИРУСОВ** и выявления **МУТАЦИЙ** у человека. **С. 42**

.01

НОВОСТИ НАУКИ

- 6 **В. В. Ружич и др.**
По следам Байкальского землетрясения
- 10 Биологи на нобелевском Олимпе
- 15 Хрустальные крылья
- 16 Шнобель-2008
- 18 «Приехать на Соболевскую конференцию — мой долг»
- 22 **Я. В. Новикова**
Новая эра хирургии

.02

ГОРИЗОНТЫ НАУКИ

- 24 **А. Л. Асеев**
Нанотехнологии: вчера, сегодня, завтра
- 42 **Д. В. Пышный, А. Г. Веняминова, А. Н. Синяков, М. А. Зенкова, В. В. Власов**
Нуклеиновый конструктор

«...мне приходилось подписывать вылеты всех новых самолетов. И у меня никогда не дрожала рука. Я всегда был **УВЕРЕН**, что самолет **БУДЕТ ЛЕТАТЬ...**» (С. А. Христианович). **С. 58**

Свою знаменитую книгу, посвященную применениям **ФУНКЦИОНАЛЬНОГО АНАЛИЗА** в математической физике, **СОБОЛЕВ** написал, работая в **АТОМНОМ ПРОЕКТЕ**. **С. 74**

«Таковы труды **ЛЕОНАРДА ЭЙЛЕРА**, таковы его права на бессмертие. Его имя сможет погибнуть только вместе с самой наукой» (Н. И. Фус). **С. 90**

На красном сафьяне «**КНИГИ КОНСТИТУЦИИ Соединенных АМЕРИКАНСКИХ Провинций**» — подарке **Б. Франклина** Екатерине II — оттиснут **РОССИЙСКИЙ императорский ГЕРБ**. **С. 104**

.03

ИСТОРИЯ НАУКИ: СУДЬБЫ

- 58 Академик Христианович: Ученый, Инженер, Человек
- 74 **С. С. Кутателадзе**
Соболев из школы Эйлера

.04

МУЗЕИ И КОЛЛЕКЦИИ

- 90 **Н. П. Копанева**
«Леонгардъ Эулеръ». По материалам СПб филиала архива РАН

.05

ИСТОРИЧЕСКИЙ ФАКТ

- 104 **Н. А. Копанев**
Дар Франклина Екатерине II



ПО СЛЕДАМ БАЙКАЛЬСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Фоторепортаж В. Ружича

27 августа 2008 г. на Южном Байкале произошло землетрясение, названное Култукским по имени одного из поселков, располагавшихся вблизи эпицентра. Интенсивность сейсмических колебаний превысила там 7 баллов. Это высокий показатель для сибирского региона. Ученые продолжают тщательное инструментальное исследование отголосков прошедшего сейсмического события

По данным Байкальского филиала Геофизической службы СО РАН, очаг землетрясения, произошедшего в августе этого года в Восточной Сибири, располагался в акватории южного Байкала, неподалеку от городов Байкальск, Слюдянка, поселков Утулик и Култук. Интенсивность сейсмических сотрясений достигла здесь 7–8 баллов по 12-балльной Международной шкале MSK-64 (данные специалистов Института земной коры СО РАН). Это привело к многочисленным повреждениям отопительных систем, особенно пострадали печи в деревянных домах частного жилого сектора. Значительный урон нанесен капитальным стро-

Эпицентр землетрясения 27 августа 2008 г. обозначен большим красным кружком. Мелкими красными кружками указаны более слабые последующие толчки (афтершоки). Эпицентр почти точно совпал с местом (отмечено розовым цветом), где ожидалось подобное по силе землетрясения согласно долгосрочному прогнозу, сделанному в 1999 г. Линиями показаны фрагменты сейсмогенерирующих разломов, к одному из которых (Главному Саянскому) приурочен очаг землетрясения



ениям с высокой степенью износа, во многих из которых располагались объекты социальной сферы: школы, магазины, водоканалы, котельные.

Подземные толчки вызвали настоящую панику в Иркутске, Шелехове, Ангарске, Усолье-Сибирском, Саянске, Тулуне и некоторых других городах. Эти крупные населенные пункты, имеющие потенциально экологически опасные производства, к счастью, оказались удалены от эпицентра на 75–120 км. Интенсивность землетрясения не превысила здесь 6 баллов, поэтому сооружения и коммуникации серьезно не пострадали.

Сотрудники МЧС и ученые из Института земной коры СО РАН и Байкальского филиала Геофизической службы СО РАН г. Иркутска обследуют побережье озера после толчков





Сотрудниками Института земной коры СО РАН (г. Иркутск) и Института физики прочности и материаловедения СО РАН (г. Томск) на ледовом полигоне Байкала ведутся многолетние исследования по моделированию сейсмических процессов с целью разработки технологий управления землетрясениями



Не все разрушения официально зафиксированы, однако по предварительным оценкам только прямые экономические потери от землетрясения исчисляются сотнями миллионов рублей. Что же касается не измеряемого деньгами социально-психологического ущерба, то можно не сомневаться, что стресс, пережитый жителями близлежащих к эпицентру районов, останется в их памяти на многие десятилетия.

По мнению ученых, Култукское землетрясение следует отнести к значимым событиям сибирской сейсмической истории. Уже на следующие сутки после него началось детальное инструментальное изучение затихающей подземной бури, были установлены до-

Подземные толчки вызвали настоящую панику в ряде крупных населенных пунктов, имеющих потенциально экологически опасные производства. К счастью, они оказались удалены от эпицентра землетрясения на 75—120 км

Сквозные трещины на фасаде школы — красноречивые свидетели минувшей трагедии

Школа в Култукке. Землетрясение произошло в то время, когда детей в школе не было. Нетрудно представить, что могло случиться при другом стечении обстоятельств

полнительные сейсмостанции (при участии специалистов из Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН, Москва). Сейчас продолжается наблюдение за сейсмическими отголосками прошедшего землетрясения. В результате в руках ученых окажутся важные данные, которые помогут более основательно исследовать сейсмологическую ситуацию, предшествующую землетрясению подобной силы. Опыт таких точных инструментальных наблюдений в Прибайкалье невелик, поэтому они особенно ценны для своевременного распознавания наступления крупных сейсмических событий в этом регионе.

Надо отметить, что произошедшее не стало для иркутских специалистов полной неожиданностью. Ученые прогнозировали возможность возникновения в этом районе землетрясения, близкого Култукскому по своим параметрам, т. е. по времени, месту и силе. В регионе проводятся не только долговременные исследования по выявлению признаков готовящихся землетрясений, но и масштабные натурные эксперименты по изучению механизмов их возникновения и способов управления ими с целью снижения сейсмического риска*.

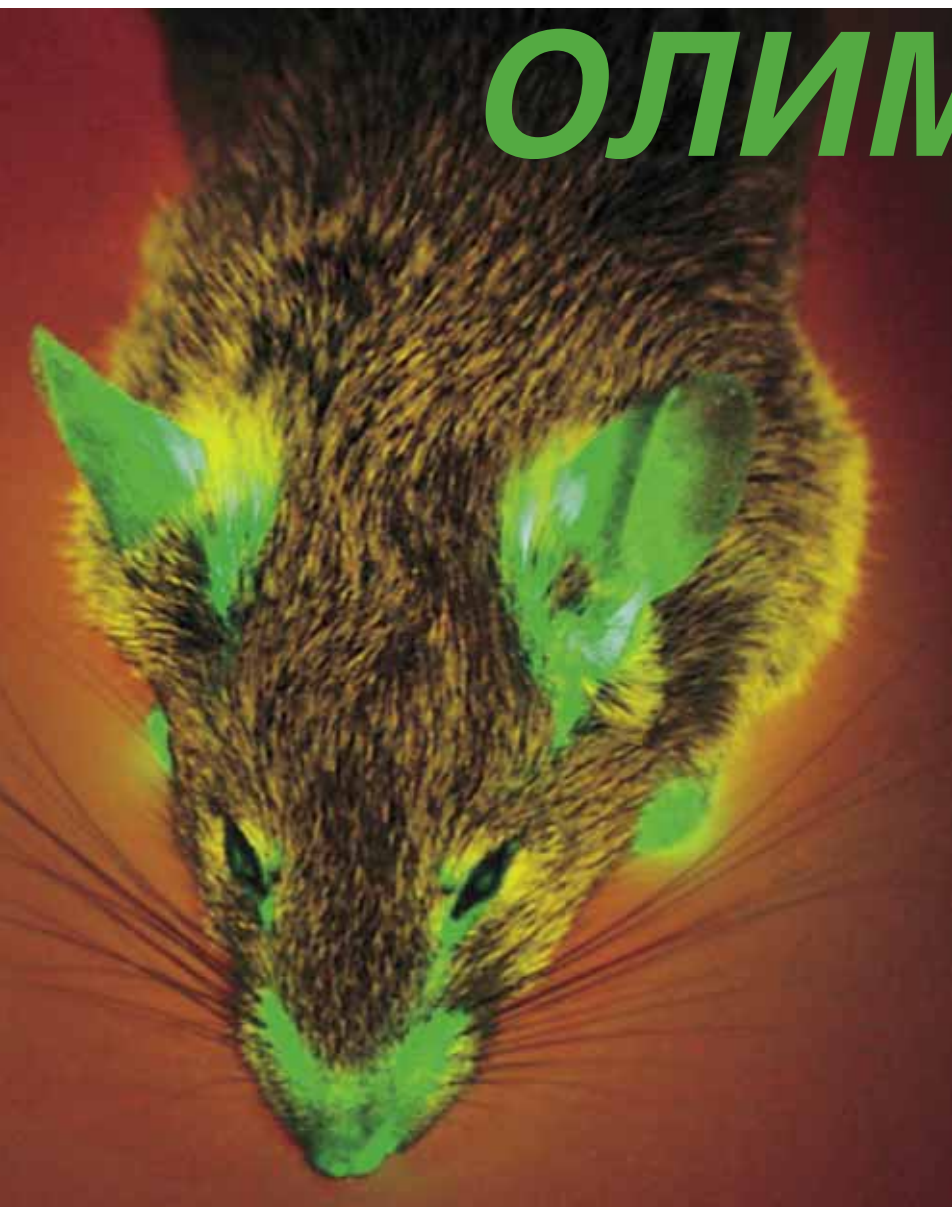
Исследователи надеются, что уроки Култукского землетрясения будут конструктивно восприняты как учеными, так и всем обществом, в том числе органами государственной власти. Ведь природные сейсмические катастрофы неизбежны не только в Восточной Сибири, но и в других сейсмоопасных регионах России.

*В. В. Ружич, К. Г. Леви, В. А. Саньков,
В. С. Имаев, О. К. Масальский, Ю. А. Бержинский,
С. А. Борняков (Институт земной коры СО РАН,
Байкальский филиал
Геофизической службы СО РАН, г. Иркутск)*

* «НАУКА из первых рук», 2006, №6 (12)



БИОЛОГИ НА НОБЕЛЕВСКОМ ОЛИМПЕ



Лауреатами Нобелевской премии по физиологии и медицине 2008 г. стали французские ученые Люк Монтанье и Франсуаза Барре-Синусси, открывшие вирус иммунодефицита человека, а также немецкий ученый Харальд цур Хаузен, выявивший связь между вирусом папилломы и раком шейки матки.

Нобелевскую премию по химии разделили между собой ученые из США Осаму Симомура, Мартин Чалфи и Роджер Тсиен. Ученые награждены за открытие и разработку методов использования зеленого флуоресцентного белка GFP (*Green Fluorescent Protein*), который уже более 10 лет активно применяется в биологии и медицине.

Зеленый и светится

Нобелевскую премию 2008 г. по химии можно назвать премией по генетике и молекулярной биологии, настолько широко сейчас используется зеленый флуоресцентный белок в этих областях. Каждый из награжденных ученых внес свой вклад в открытие и развитие методов применения GFP.

Осаму Симомура впервые получил GFP в 1962 г. из морских медуз *Aequorea victoria*. Края мантии этих беспозвоночных флуоресцируют зеленым светом, разгадкой природы которого и занялся биолог. Ученый провел ряд исследований и выделил белок, светящийся под воздействием ультрафиолетовых лучей.

С тех пор прошло тридцать лет, и другой ученый — Мартин Чалфи

решил использовать GFP в качестве генетического маркера. На хорошо изученном биологами объекте — почвенной нематоды *Caenorhabditis elegans* (круглый червь) — Чалфи продемонстрировал всему миру, как можно применять GFP.

Ученый создал конструкцию на основе гена нематоды, отвечающего за производство одного из белков. При этом на место участка гена, непосредственно кодирующего белок червя, в конструкции Чалфи была «подшита» часть, кодирующая GFP. Таким образом промотор («включатель») гена *C. elegans* стал запускать производство уже не собственного, а зеленого флуоресцентного белка морской медузы.

Такой видоизмененный ген исследователь ввел в геном нематоды, где он начал нормально функциони-

ровать и нарабатывать GFP, флуоресцирующий при облучении ультрафиолетом. Подобные гены, кодирующие белки-маркеры, называются сегодня генами-репортерами.

Через год после публикации работы Чалфи GFP-конструкции начали использовать практически на всех объектах исследований. Примерно в то же время, Роджер Тсиен занялся поиском и изучением различных мутантных форм GFP.

Исследования Тсиена привели к появлению красного, желтого и других цветных GFP-белков. В результате стало возможным создавать разные конструкции и одновременно использовать их для изучения взаимодействия работы различных генов.

КОММЕНТАРИЙ СПЕЦИАЛИСТА



ЖИМУЛЕВ Игорь Федорович — действительный член РАН, доктор биологических наук, заведующий отделом молекулярной и клеточной биологии Института цитологии и генетики СО РАН (Новосибирск)

что позволяет работать с живой клеткой. С его помощью можно пометить клетки определенного типа, например стволовые, чтобы проанализировать происходящие с ними изменения в процессе онтогенеза.

Подобный эксперимент провели в лаборатории первооткрывателя структуры ДНК Дж. Уотсона: зеленым флуоресцентным белком маркировали стволовые клетки, чтобы определить их количество в мозгу новорожденной мыши. Выяснилось, что сразу после рождения весь мозг животного светится. Прошел год, и стволовых клеток в мозгу стало меньше, а еще через год (у мышей возраст 2 года — глубокая старость) стволовые клетки практически исчезли. Поскольку нервные клетки образуются из стволовых, исследователи сделали вывод, что старческая дегенерация, потеря памяти и жизненного тонуса связаны с уменьшением возобновления нервных клеток из-за отсутствия стволовых.

Почему важно использовать именно светящийся белок? В каждой клетке присутствуют тысячи белков, но тот единственный, который нужен ученому, может быть представлен всего несколькими молекулами. Эти несколько молекул очень трудно «увидеть» другими методами. Также можно создать GFP-конструкцию, работающую в усиленном режиме и производящую тысячу молекул светящегося белка вместо нескольких.

Сегодня зеленым флуоресцентным белком уже никого не удивишь. Он стал обычным инструментом для работы биологов. Когда же на основе GFP появилось множество других цветных флуоресцентных белков, этот метод стал особенно удобен. К сожалению, у нас в стране GFP практически не используется в медицине и гораздо реже, по сравнению с Западом, применяется в биологии.

В геном этой «мыши Баскервилей» введена конструкция, индуцирующая синтез зеленого флуоресцентного белка в клетках ушных раковин и морды.

© Кнут Хаугланд, 2006 г., <uk.wikipedia.org>

GFP — универсальный биологический маркер

10 декабря 2008 г. в Стокгольме пройдет ежегодная церемония вручения Нобелевских премий. В этот раз особенно отличились биологи: они получают награду не только по физиологии и медицине, но и по химии

Корень зла — вирусы

Рак шейки матки занимает второе место в мире среди онкологических заболеваний и уступает только раку молочной железы.

В 70-х гг. прошлого века Харальд цур Хаузен предположил, что *вирус папилломы человека* (HPV) может вызывать рак шейки матки. В то время многие исследователи возлагали ответственность за это заболевание на другие вирусы, в частности вирус герпеса, и отнеслись более чем скептически к идеям своего немецкого коллеги. Считалось, что заражение HPV грозит человеку всего лишь появлением бородавок.

Харальд цур Хаузен установил, что существует несколько десятков разновидностей папилломавирусов человека, но только некоторые из них приводят к развитию рака шейки матки. Потребовались десятилетия, чтобы подтвердить и проверить все данные и придти к пониманию работы механизма, индуцирующего раковое заболевание. Только после этого у ученых появилась возможность заняться разработкой вакцины. На сегодняшний день апробированы вакцины против ряда типов папилломавирусов, а в США и странах Европы развиваются массовые программы вакцинации населения против этого возбудителя.

Что касается второй группы награжденных, то, по мнению многих специалистов, Нобелевскую премию за открытие и исследования *вируса иммунодефицита человека* (ВИЧ) можно было вручить еще несколько лет назад.

Слухи о неизвестном смертельном заболевании, поражающем специфические группы населения — гомосексуалистов, проституток и наркоманов, начали появляться с начала 1980-х гг. Прошло совсем немного времени, и стало понятно, что от новой чумы никто не застрахован. К чести ученых, и медики, и биологи отреагировали на возникшую опасность быстро и оперативно. Уже в 1983 г. Люк Монтанье и Франсуаза Барре-Синусси с коллегами выделили и описали вирус, обнаруженный в лимфатических узлах больных СПИДом.

Выяснилось, что новый вирус эволюционирует в организме и в первую очередь поражает клетки иммунной системы. С подобным явлением человечеству еще не приходилось сталкиваться. Ученые разных стран уже много лет занимаются разработкой вакцины и лекарств от СПИДа, но, несмотря на определенные успехи в этой нелегкой работе, до полной победы еще далеко.

СПИД и рак шейки матки — вирусные заболевания



В двадцати городах России уже появились центры, где желающие могут сделать прививки от вируса папилломы человека



НЕТЕСОВ Сергей Викторович — член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, проректор по научной работе Новосибирского государственного университета, заведующий лабораторией молекулярной биологии РНК-вирусов Государственного научного центра вирусологии и биотехнологии «Вектор»

Главная заслуга доктора Харальда цур Хаузена в том, что он установил связь между заражением вирусами папилломы и возникновением раком шейки матки у женщин, а также раком носоглотки у мужчин. Необходимость выявления и доказательства подобной взаимосвязи очевидна: зная причину заболевания, можно найти способ с ним бороться. В этом смысле вирусы являются далеко не худшей «причиной», поскольку методы профилактики и борьбы с большинством из них сейчас разработаны.

Разумеется, поскольку этот вирус передается половым путем, самый простой способ защиты — превентивные средства (презервативы). Однако не все ими пользуются, а кроме того, эти вирусы можно по-

КОММЕНТАРИЙ СПЕЦИАЛИСТА

лучить от другого человека даже и с использованием презервативов. В ходе исследований выяснилось, что уже к 30 годам у половины женщин и еще большего числа мужчин имеются маркеры инфекции вирусами папилломы. Это означало, что пришла пора разрабатывать вакцину, чем и занялись коммерческие компании при участии Харальда цур Хаузена.

В результате было создано профилактическое средство, резко снижающее заболеваемость. Существующая сейчас в странах Северной Америки и Западной Европы вакцина — продукт многолетней работы ученых. К сожалению, в нашей стране практически не занимались папилломавирусами, и соответственно — своей вакцины в России пока нет. Причина, как всегда, банальна: в послеперестроечные времена финансирование биотехнологий резко снизилось.

Сейчас нет никаких сомнений в том, что созданная зарубежными коллегами вакцина эффективно работает, и что ее необходимо применять. Этот препарат уже включен в план клинических испытаний 2009 г. в России. Скорее всего, у нас опять будет реализован многократно повторенный сценарий: государство закупит вакцину, соответствующие учреждения проверят ее качество, и мы станем вакцинировать население. В лучшем случае мы будем покупать вакцину оптом, а фасовать в России.

Прививать необходимо в первую очередь подростков — мальчиков и девочек, еще не достигших половой зрелости. Вакцинировать более старший возраст при такой частоте встречаемости маркеров вируса практически не имеет смысла.

Что касается присуждения Нобелевской премии за открытие и работы в области ВИЧ, то заслуги Люка Монтанье и Франсуаза Барре-

Синусси, открывших вирус иммунодефицита, не вызывают никаких сомнений. Однако требовалось еще доказать связь вируса ВИЧ со СПИДом. Этим доказательством в основном занимался американский ученый Роберт Галло, к сожалению, не попавший в список награжденных. Сам Люк Монтанье, узнав о присуждении ему Нобелевской премии, отметил вклад Р. Галло и заявил, что премию надо было вручить и его американскому коллеге.

В конце XX в. СПИД был горячей темой. Газеты, телевидение, социальная реклама — все предупреждали о новой чуме. Сегодня о нем упоминают редко: люди привыкли к этой угрозе и не представляют себе реальной картины ее размаха. А ведь только по официальным данным у нас в стране уже больше полумиллиона ВИЧ-инфицированных. Наиболее зараженными регионами сейчас являются: Москва и Московская область, Санкт-Петербург и Ленинградская область, Калининград, поскольку первые заносы вируса происходили через туристов, студентов и моряков. Сейчас в этот печальный список добавились и сибирские города: Иркутск, где зарегистрировано около 30 тыс. ВИЧ-инфицированных, и Бийск (более 3 тыс. человек).

Эпидемия СПИДа продолжает распространяться по миру. Число ВИЧ-инфицированных в России увеличивается, причем передача инфекции происходит чаще всего половым путем (вовлекается основное население, а не только его специфические группы риска).

В последнее время растет число случаев заражения СПИДом и в Новосибирске. Надо сказать, что столица Сибири — удивительный город. Несмотря на то что через него проходит очень много транспортных путей, до недавнего времени у нас было меньше тысячи



ВИЧ-инфицированных. Это очень небольшая цифра для полутора-миллионного города. Причина, вероятно, кроется в достаточно высокой культуре медицинского обслуживания — в Новосибирске не зарегистрировано «заносов» через медицинские процедуры. Что касается внутривенной наркомании и связанным с ней заражением через многоразовые шприцы, то и в этом случае новосибирцы оказались вполне «культурны». Видимо, даже представители этой группы риска старались обезопасить себя от заражения ВИЧ.

Проблема лекарства от СПИДа пока решена лишь частично. Для лечения используют коктейль из противовирусных препаратов, ингибирующих ВИЧ на разных стадиях

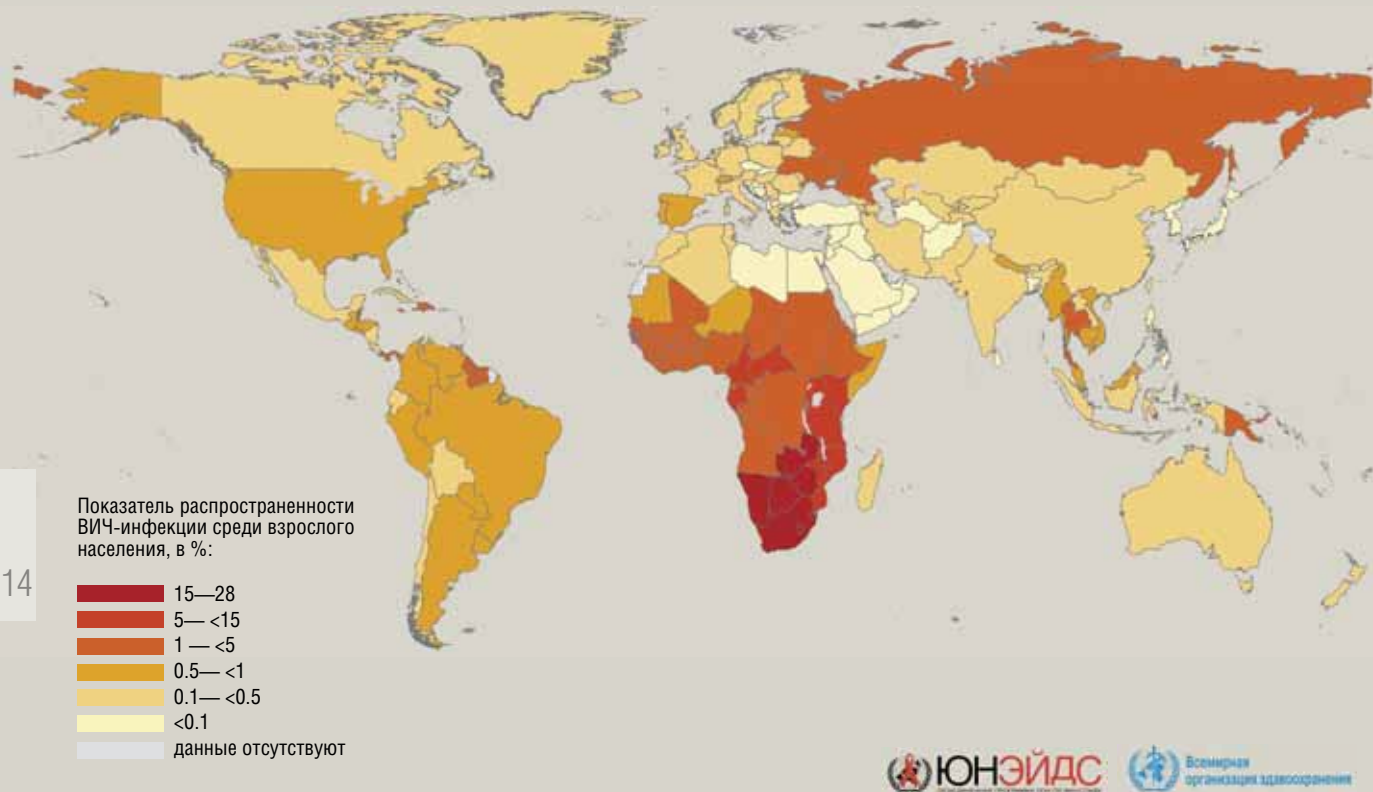
развития. Прием такого лекарства может продлить жизнь ВИЧ-инфицированному на 10–15 лет. Однако используемые противовирусные препараты далеко не безвредны, а само лечение обходится в суммы от 5 до 15 тыс. долларов в год.

Мир уже давно ждет вакцину, способную защитить нашу жизнь от СПИДа. Основная трудность ее создания заключается в способности вируса уходить от иммунного ответа организма и поражать клетки самой иммунной системы, в буквальном смысле слова лишая человека возможности сопротивляться.

Тем не менее работы над созданием вакцины ведутся во всем мире. Актуальность таких работ вызвала сомнения только в России, где было прекращено финанси-

ние соответствующих проектов. К счастью, с 2008 г. финансирование части программ возобновилось и, вероятнее всего, будет увеличено в следующем году.

Однако даже когда вакцина от СПИДа будет создана, это не излечит уже заболевших, поскольку любая вакцина — только превентивная мера. К тому же, как предполагается, будущая вакцина останется действенной только в течение 3–5 лет, а затем организм снова станет чувствителен к вирусу.



Глобальная картина ВИЧ-инфекции. По данным на 2007 г., около 35 млн человек в мире живет с ВИЧ. Данные ЮНЭЙДС «Объединенная программа ООН по ВИЧ/СПИДу» и Всемирной организации здравоохранения, <<http://www.unaids.ru/>>



Аэродинамические качества летящего аппарата определяются состоянием *пограничного слоя* — течения вблизи его поверхности, где за счет вязкости скорость потока тормозится до нуля. Обычно при полете самолета на начальном участке обтекания вблизи передней кромки крыла течение находится в ламинарном режиме. И если бы удалось добиться, чтобы обтекание всего самолета происходило в подобном режиме, это бы значительно уменьшило силу сопротивления трению и принесло большой энергетический выигрыш.

Ю. С. Качанов и его коллеги занимаются проблемой возникновения турбулентности в пограничных слоях. В большинстве случаев она возникает, когда ламинарное течение теряет устойчивость и в нем появляются возмущения, которые, усиливаясь, начинают взаимодействовать между собой. В итоге возникают мощные вихревые структуры со всеми вытекающими неблагоприятными последствиями.

Возбуждать турбулентность могут некоторые внешние возмущения (например, вибрация, акустические

ХРУСТАЛЬНЫЕ КРЫЛЬЯ

На торжественном открытии ежегодного Конгресса по авиации и астронавтике в г. Дармштадте в сентябре 2008 г. состоялось вручение Кольца Людвиг Прандтля — высшей награды Немецкого общества авиации и астронавтики им. Лилиентала-Оберта. Золотым перстнем с горным хрусталем, на котором выгравирована летящая птица, награжден новосибирский физик Ю. С. Качанов

Людвиг Прандтль — всемирно известный исследователь в области механики сплошных сред, создатель теории пограничного слоя и одной из первых в мире аэродинамических труб. Награду его имени вручают ежегодно, начиная с 1957 г., за «выдающийся личный вклад в области аэродинамики».

Новосибирец оказался первым российским ученым, удостоенным этой награды. Золотое кольцо с «хрустальными крыльями» вручено Юрию Семеновичу, как указано в аттестате, «в признание его заслуг в исследованиях восприимчивости, перехода и турбулентности в пограничных слоях и сдвиговых течениях, включая экспериментальные исследования».

Нужно отметить, что существует две основные формы течений жидкости и газа: *ламинарная* (или струйная) и *турбулентная*. Яркий пример ламинарного (струйного) течения — очень тонкая струя воды из крана, напоминающая стеклянную палочку. Турбулентная форма — завихренная, интенсивно перемешивающаяся, как в горной речке. Оба этих режима могут существовать, например, при обтекании воздухом летательных аппаратов или внутри различных технических устройств.

волны, неровности поверхности и т. д.). Есть много механизмов возникновения турбулентного режима, который в своем развитии проходит ряд стадий. Именно в этой области и лежат важнейшие задачи, которыми занимается новосибирец в тесном содружестве со своими коллегами, экспериментаторами и теоретиками.

Базовой установкой для исследований является уникальная аэродинамическая труба малых дозвуковых скоростей Т324, созданная в ИТПМ СО РАН еще в конце 1960-х гг. Благодаря предпринятым мерам по снижению уровня возмущений всех типов (акустических, вихревых, вибрационных) эта труба — одна из лучших в мире.



ШНОБЕЛЬ 2008

Имена лауреатов знаменитой на весь мир Нобелевской премии объявляют в октябре. Приблизительно в это же время в Гарвардском университете вручают Ig Nobel Prize или, как ее называют в России, Шнобелевскую премию. Лауреатами, как правило, становятся ученые, чьи исследования вызывают приступы веселья у коллег. Ig Nobel вручают за «открытия, над которыми сперва смеются, и лишь потом задумываются». «Шнобелей» присуждают ежегодно, начиная с 1991 г. Самыми интересными, на наш взгляд, в 2008 г. стали премии по археологии и биологии



Броненосцу артефакты не помеха

Всем известно, что *Homo sapiens* не равнодушен к своему прошлому. Артефакты ушедших эпох вызывают у образованного человека священный трепет. Совсем иначе обстоит дело с нашими четверногими братьями: похоже, некоторые из них не проявляют никакого почтения к истории человечества.

Бразильские археологи Астольфо Гомеш Мелло Араужо и Хозе Карлос Марселино задались вопросом: не нарушают ли роющие норы броненосцы, которых немало на Американском континенте, расположение находок в археологических пластах?

К поставленной задаче ученые подошли серьезно. Огородили небольшой участок, где в несколько слоев закопали «артефакты» — множество глиняных черепков и камней, раскрашенных в разные цвета, причем каждый цвет соответствовал определенному слою, которые располагались один под другим строго на расстоянии 20 см.

Подготовив все необходимое, археологи выпустили на участок одинокого желтого броненосца. Несколько озадаченное животное не подвело и в соответствии с планом исследователей первым делом стало рыть землю.

Эксперимент длился несколько месяцев. После этого ученые произвели раскопки и сверили расположение «артефактов» с первоначальным, а также определили повреждения, нанесенные броненосцем. Оказалось, что броненосец — умелый землекоп, но невежественный археолог — смешал все культурные слои, не заботясь о выборе направления.

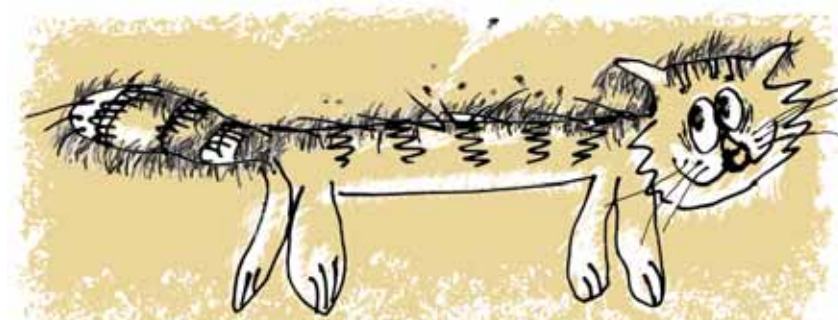
Утешением мировому археологическому сообществу может служить только тот факт, что работу броненосца всегда можно распознать, потому что беззаботное животное пока не научилось заматывать за собой следы.

Блошинная олимпиада

Век кровососущих насекомых недолог, и чтобы выжить, требуется приложить недюжинные усилия: не зевать, вовремя питаться и прыгать, прыгать, прыгать! Французские лауреаты Шнобелевской премии решили определить, какие блохи находятся в лучшей спортивной форме — блохи-кровососы, паразитирующие на собаках (*Ctenocephalides canis*), или их сородичи, предпочитающие кошек (*Ctenocephalides felis felis*)?

Изучением способностей блох к прыжкам занимались Мари-Кристин Кадьбергес, Кристель Жубер и Мишель Франк. Естествоиспытатели выяснили, что средняя длина прыжка «собачьих» блох составляет 30,4 см, в то время как «кошачьи» прыгают лишь на 19,9 см. Разумеется, нашлись и рекордсмены, но даже здесь «собаки» умудрились обставить «кошек». 50 см — таков рекорд блохи вида *C. canis*, оставившей позади себя коллегу *C. felis*, прыгнувшую на расстояние 48 см.

Однако одними прыжками в длину дело не ограничилось. Следующим испытанием для блох стали прыжки в высоту. Для этого экспериментаторы сажали некормленых насекомых на дно больших пробирок и хладнокровно наблюдали, как изголодавшиеся кровососы выскакивали в поисках пропитания. Высоту пробирок периодически наращивали, так что несчастным блохам приходилось брать барьер за барьером.



Победу снова одержала команда *C. canis*, взяв высоту 15,5 см. Лучшим результатом среди «собачьих» стал прыжок на 25 см вверх. Что касается *C. felis*, то эта команда безнадежно отстала, прыгнув только на 13,2 см. И хотя кошачья блоха-чемпион постаралась спасти положение, буквально долетев до отметки 17 см, этот результат ничего не изменил.

Собачьи блохи прыгают лучше кошачьих — таков вердикт французских исследователей, и *C. felis* придется с ним смириться. А нам, пожалуй, стоит призадуматься о возможной связи между высотой прыжка и размерами собак, а также порадоваться отсутствию блох у слонов.



«ПРИЕХАТЬ НА СОБОЛЕВСКУЮ КОНФЕРЕНЦИЮ — МОЙ ДОЛГ»



6—12 октября 2008 г. в Институте математики СО РАН прошла Международная конференция, посвященная столетию со дня рождения выдающегося ученого, академика Сергея Львовича Соболева. В ее работе приняли участие более 400 математиков

В наше время очень непросто привлечь известного ученого и хорошего докладчика выступить на конференции, хотя бы потому, что разных научных форумов в стране проходит немало. Однако на октябрьскую встречу собрался практически весь цвет российской математической науки. И хотя зарубежных участников приехало не очень много, каждый из них — лидер в своем направлении.

Новосибирск уже давно не видел такого звездного состава докладчиков: В. А. Солонников, О. В. Бесов, Н. Н. Уральцева и многие другие — все они хорошо известны всему математическому миру. Участники конференции в один голос отмечали высокий уровень многих докладов.

КОММЕНТАРИЙ СПЕЦИАЛИСТА

Большим событием для любой науки становится приход в нее первопроходца — ученого, способного выдвигать идеи, развитие которых приводит к появлению новых разделов и новых инструментов для решения большого класса задач. Именно таким первопроходцем в математике XX в. стал Сергей Львович Соболев, автор нескольких крупнейших открытий. Его идеи и работы привели к созданию новых разделов математики. В теории дифференциальных уравнений, приближений и функциональных пространствах авторитет этого ученого не подлежит никаким сомнениям.

Соболева часто называют классиком, но классик науки — понятие не абсолютное. История знает много ученых, чьи работы считавшиеся классическими, в настоящее время утратили свою актуальность и представляют интерес в основном для историков науки. Иначе обстоит дело с трудами Сергея Львовича: они переиздаются, пользуются популярностью у математиков,

потому что до сих пор являются источниками новых идей.

Принятый сегодня индекс цитирования, как показатель востребованности работ ученого, не применим к работам Соболева. Никому не придет идея сослаться на работы Соболева при упоминании «пространства Соболева» или «теоремы Соболева» — эти понятия стали фундаментом современной математики. По сути, современная работа ученых опирается на идеи Сергея Львовича.

Еще в 1950-х гг. прошлого века Сергей Львович Соболев написал учебник по уравнениям математической физики. Этот учебник по-прежнему остается лучшим из всего написанного по этому поводу.

Сергей Львович блестяще справился с ролью основателя Института математики СО РАН, организовав институт широкого профиля. Не ограничивая тематику института собственными разработками в математической физике, он пригласил в Академгородок А. И. Мальцева, П. П. Белинского, Ю. Г. Решетняка



ФОКИН Михаил Валентинович — доктор физико-математических наук, заместитель директора Института математики СО РАН

и других знаменитых ученых. Благодаря Сергею Львовичу, сегодня в ИМ СО РАН работают специалисты, занимающиеся самыми разными направлениями математической науки.



Участники конференции перед ИМ СО РАН. 9 октября 2008 г. Фото А. Рясина

То, что юбилейная конференция стала серьезным научным событием, ученые Академгородка считают более чем естественным, ведь Сергей Львович Соболев — одна из крупнейших фигур в математике XX столетия. Среди участников конференции было много тех, кто лично знал Сергея Львовича. «Приехать на Соболевскую конференцию — мой долг», — приблизительно так можно сформулировать общее отношение гостей к осенней встрече. Они собрались в память о человеке, который фактически изменил облик теории дифференциальных уравнений и вызвал к жизни ряд новых направлений в современной математике.

Дифференциальное исчисление используется во многих науках, однако классическим способом далеко не всегда можно найти решение дифференциального уравнения. Известным примером такого «нерешаемого» в некоторых случаях уравнения является уравнение колебания струны. Сергей Львович Соболев, введя в теорию дифференциальных уравнений понятие обобщенной функции, тем самым предложил новый способ решения дифференциальных уравнений, в том числе тех, которые не имели решения в классической теории.

На сегодняшний день обобщенные функции являются неотъемлемой частью современной теории дифференциальных уравнений. Опираясь на созданную им теорию, Соболев ввел в математику новые функциональные пространства, известные во всем мире как «пространства Соболева» и оказавшие огромное влияние на формирование современных математических представлений.

Идеи и методы, разработанные Сергеем Львовичем, прочно вошли в золотой фонд мировой математики и активно применяются в математической физике, гидродинамике и вычислительных алгоритмах.



На «соболевскую» конференцию приехали классики российской математики. Многим молодым участникам форума из сибирских городов впервые удалось воочию увидеть этих людей, уже ставших легендами

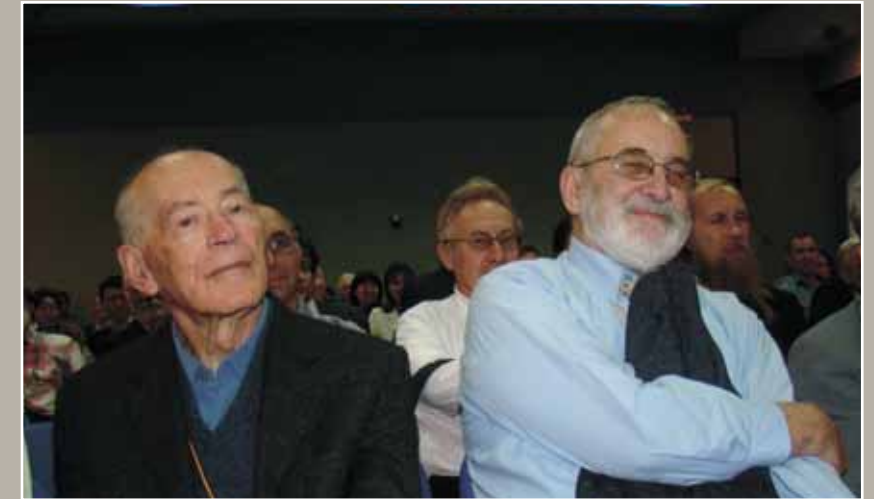
Проф. Н. Н. Уральцева (Санкт-Петербург), проф. Н. Triebel (Германия). Фото И. Матвеевой

Проф. О. В. Бесов (Москва). Фото И. Матвеевой



Выступает проф. В. А. Солонников из Санкт-Петербурга. Фото Г. Калябина

Проф. Н. Н. Уральцева (Санкт-Петербург), аспирант А. В. Пененко (Новосибирск). Фото И. Матвеевой



Зарубежные участники конференции: проф. М. Solomyak (Израиль) и проф. А. Kufner (Чешская республика) (вверху), проф. Н. Yashima (Италия) (слева). Фото И. Матвеевой и Ю. Мерекина



Одна из «соболят» — Е. С. Соболева (Москва). Фото И. Матвеевой



НОВАЯ ЭРА В ХИРУРГИИ

ПОДРОБНЕЕ
в будущих выпусках

В Новосибирске — впервые в России — были успешно проведены транслюминальные операции, т.е. полостные операции без стандартных кожных разрезов на брюшной стенке. Новый метод имеет большие преимущества не только перед обычной хирургией, но и перед лапароскопией

Современная хирургия находится на грандиозном переломном этапе развития, связанным с внедрением новых методов хирургического вмешательства. Речь идет о методике N.O.T.E.S. (*Natural orifice transluminal endoscopic surgery*) или

Этапы операции по методике N.O.T.E.S., которую проводят новосибирские врачи — проф. В. В. Анищенко и проф. А. И. Шевела ▶



▲ Проф. А. И. Шевела
в Европейском институте телехирургии (г. Страсбург)

Каждый этап операции отображается на мониторе эндоскопической стойки

эндоскопической транслюминальной хирургии через естественные отверстия.

Уникальность подобных операций в том, что доступ к больному органу в брюшной полости достигается не через кожные разрезы на передней брюшной стенке, как это обычно делается, а через небольшие проколы в полых органах: стенках желудка, влагалища, прямой или ободочной кишки, а также мочевого пузыря.

Новый рабочий инструмент хирурга представляет собой гибкий длинный эндоскоп, с помощью которого к больному органу можно доставить другие инструменты — зажимы, крючки, ножницы очень малого размера. Благодаря гибкости эндоскопа значительно увеличивается обзорность операционного поля: хирург теперь может в буквальном смысле обогнуть любой орган и заглянуть «на темную сторону Луны», чтобы выполнить хирургическое вмешательство в нужном месте. В том числе и в месте, недоступном для стандартного жесткого инструмента, применяемого при обычной лапароскопии. Второй манипулятор, с оптическим прибором, вводят в брюшную полость, как правило, через пупочную ямку.

Еще одна отличительная особенность новой методики — уменьшение травматичности операции. Вместо послонных, иногда достаточно больших разрезов на коже, мышцах и брюшине, на стенке органа делается маленький прокол. Стянутый одним рассасывающимся швом, такой прокол закрывается в короткие сроки. И в этом смысле N.O.T.E.S.-операции характеризуются хорошим косметическим эффектом.



Хотя первое транслюминальное вмешательство было проведено еще в 2007 г., однако в России эта методика до недавнего времени на практике не применялась. В июне 2008 г. группа российских хирургов успешно прошла обучение в Европейском институте телехирургии (E.I.T.S.) (г. Страсбург, Франция). Среди членов делегации были и новосибирские хирурги — профессор А. И. Шевела (руководитель Центра новых медицинских технологий СО РАН) и профессор В. В. Анищенко (Железнодорожная клиническая больница).

Уже в конце июня 2008 г. в хирургическом отделении ЦНМТ СО РАН была сделана первая в России транслюминальная операция. На сегодняшний день проведено уже больше десятка таких операций, среди которых урологические, гинекологические, а также операции на печени и желчном пузыре. Необходимое оборудование для N.O.T.E.S. было приобретено при поддержке Приборной комиссии СО РАН.

К. м. н. Я. В. Новикова
(ЦНМТ СО РАН, Новосибирск)

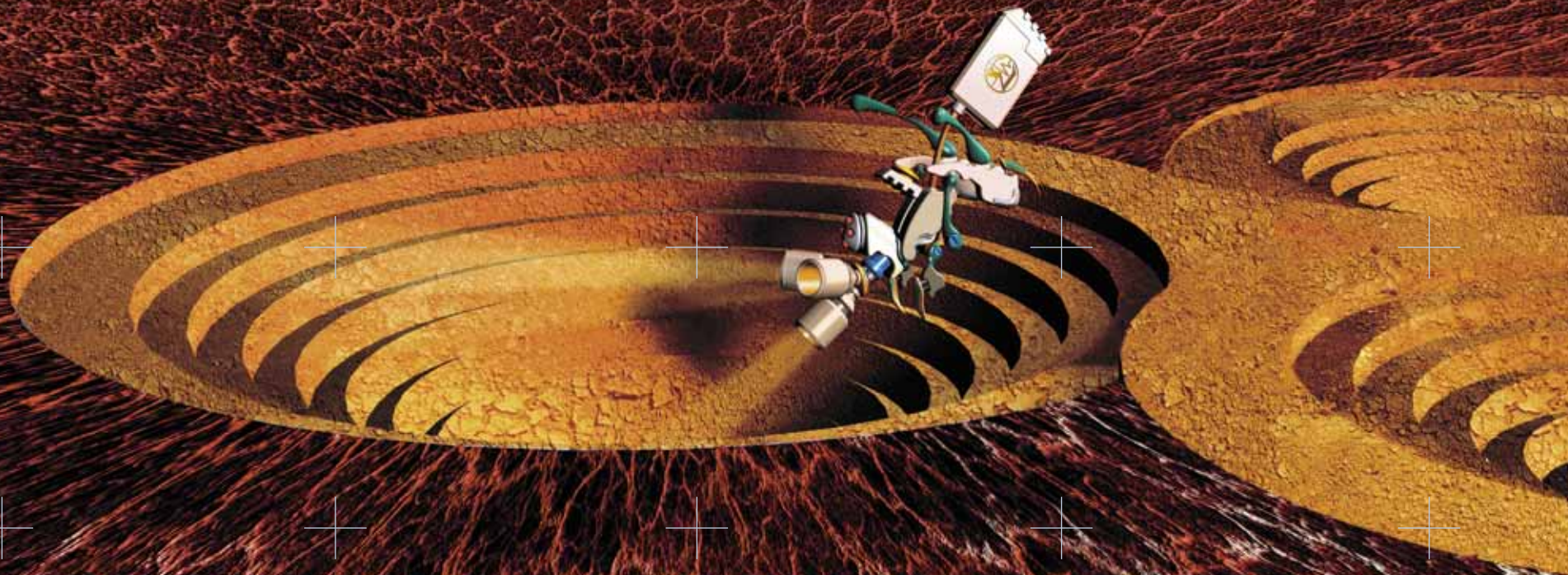
Фото Е. Платовой



А. Л. АСЕЕВ

НАНОТЕХНОЛОГИИ:

Вчера, сегодня, завтра



Изображение спиральных атомных ступеней высотой в одно межплоскостное расстояние (0,31 нм) на поверхности кремния (111). Атомно-силовой микроскоп (Е. Е. Родякина, С. С. Косолюбов, А. В. Патышев). Из архива ЦКП СО РАН «Наноструктуры»

АСЕЕВ Александр Леонидович — академик РАН, доктор физико-математических наук, председатель СО РАН, директор Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН. Почетный член Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе РАН. Специалист по атомной структуре, электронным свойствам и диагностике полупроводниковых систем пониженной размерности. Автор более 200 научных работ, в том числе 5 монографий, 5 авторских свидетельств и 2 патентов на изобретения



Модным словом «нанотехнологии» сегодня называют самые разные области производственной деятельности. Но всех их объединяет одно: ультрамалые — не более сотни нанометров — линейные размеры используемых объектов. В этом смысле человечество применяло нанотехнологии с давних времен. Например, при приготовлении сыра использовались белки-ферменты из сычуга жвачных животных. А средневековые соборные витражи обаяны своими яркими красками ультрадисперсным (десятки нанометров) металлическим частицам, которые образовывались при плавке стекла с добавлением различных соединений металлов. Но все же осознанно человечество начало разрабатывать и применять нанотехнологии менее десятилетия назад. Поэтому их с полным правом можно назвать «технологиями III тысячелетия»

Прежде чем говорить о нанотехнологиях, следует дать несколько основных определений этой области деятельности, поскольку единого мнения на этот счет не существует.

Самое «мягкое» определение принадлежит директору Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе РАН, члену-корреспонденту РАН А. Г. Забродскому: «Изделие можно квалифицировать как нанотехнологическое в случае, если, по крайней мере, один из его размеров находится в диапазоне от 1 до 100 нм, и этот размер существен для функций рассматриваемого прибора».

Самое «жесткое» определение можно сформулировать в четком соответствии с законом диалектического материализма о переходе количества в качество: нанобъекты должны иметь принципиально новые свойства по сравнению с соответствующими объектами, изготовленными из объемного материала. В интервал между этими крайними точками зрения попадают все объекты и технологии, которые имеют на сегодня сакральную приставку *нано-*.

При таком разбросе мнений неудивительно, что в разных областях нанонауки определение нанобъектов принимает более конкретный вид, в него вносятся существенные уточнения и дополнения. Так, что касается изделий наноэлектроники, то необходимо, во-первых, чтобы работа подобных приборов базировалась на использовании квантовых свойств наноструктур. Во-вторых, их изготовление должно быть основано на реализации эффектов самоорганизации по принципу «снизу вверх» по шкале размеров (Алфёров Ж. И. и др., 2003).

Инициативы Правительства РФ по развитию нанотехнологий:

Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007—2012 гг.»

Федеральная целевая программа «Развитие инфраструктуры nanoиндустрии в Российской Федерации на 2008—2010 гг.»

Федеральный закон №139 от 19 июля 2007 г. «О Российской корпорации нанотехнологий»

Инициативы РАН:

Постановлением Президиума РАН № 163 от 26 июня 2007 г. образована Комиссия РАН по нанотехнологиям

В декабре 2008 г. в рамках РАН создано новое Отделение информационных и нанотехнологий

Последнее утверждение справедливо и для нанобиотехнологий. По определению академика РАН Р. В. Петрова, нанобиотехнологические изделия представляют собой принципиально новые биологические структуры, которые конструируются из природных или искусственно воспроизведенных (синтетических или генно-инженерных) наноструктур живых объектов разных биологических типов. Они создаются на основе присущей биологическим системам способности к узнаванию, самосборке или амплификации (умножению).

Нанобум

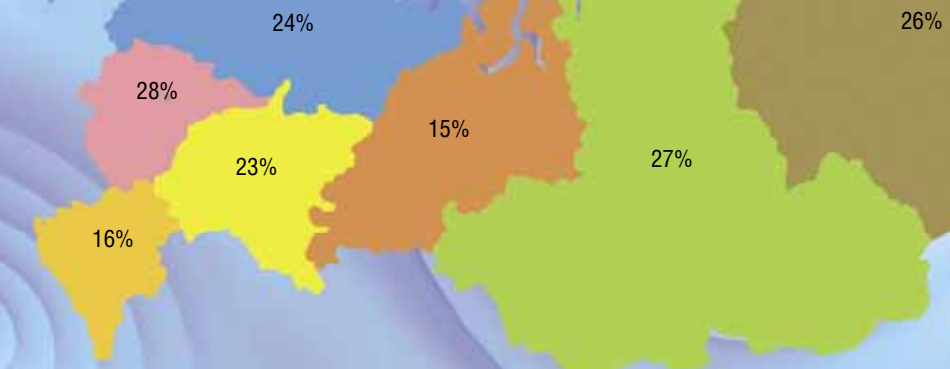
Как известно, нанотехнологии — изобретение не сегодняшнего дня. Однако положение дел в этой области в течение нескольких последних лет можно квалифицировать как настоящий «нанобум». Точкой отсчета для него можно считать 2000 г., когда президент США Билл Клинтон обнародовал в Калифорнийском технологическом институте свою «национальную наноинициативу», утвержденную затем Конгрессом США в качестве новой государственной программы с годовым бюджетом около полумиллиарда долларов.

Преемником Клинтона стал Джордж Буш, подписавший в 2003 г. закон о развитии исследований и разработок по нанотехнологиям в США. Были сформулированы главные цели нанотехнологий: создание компактных устройств нового поколения для хранения информации, материалов с прочностью выше стали, а также принципиально новых средств для доставки лекарств к больным органам человека.

Предполагается, что львиную долю в будущем общемировом рынке нанотехнологий будут занимать материалы с принципиально новыми свойствами и изделия электроники



По оценкам экспертов, в течение ближайших 8—10 лет годовой объем общемирового рынка нанотехнологий достигнет 1 трлн долларов



Участие организаций и регионов в работах ФЦП (млн руб.)

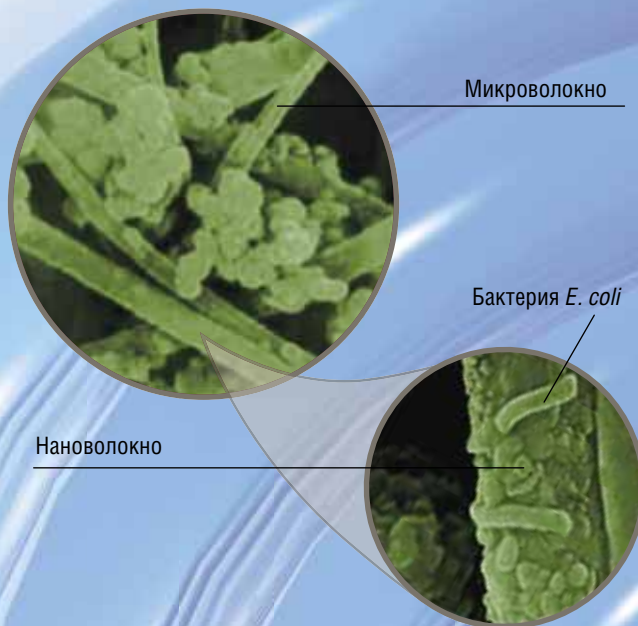
Федеральный округ	Заявки на тематику	Заявки на конкурс	Контракты	Бюджет контрактов	Внебюджет контрактов
Дальневосточный	66	89	23	166,3	54,6
Приволжский	484	426	100	773,2	719,7
Северо-Западный	661	631	154	1645,4	1659,9
Сибирский	596	526	145	683,7	382,4
Уральский	91	144	21	241,2	121,1
Центральный	2693	2795	817	7237,9	4298,8
Южный	254	224	35	267,4	239,0
Итого	5264	4842	1295	11015,0	7415,6

Состояние дел в российской «нанонауке» можно косвенно оценить по участию региональных организаций в Федеральной целевой программе по нанотехнологиям. Данные 2007 г.

Американская демонстрация достижений в новой многообещающей технологической области не оставила равнодушными правительства таких стран, как Япония, страны Западной Европы, Китай и других, спешно принявших подобную доктрину. Везде нанотехнологии вошли в число государственных приоритетов и получили щедрую финансовую поддержку. Небывалый ажиотаж вокруг этой области деятельности в большой степени подогревался бизнесом: быстро выяснилось, что в течение ближайшего десятилетия объем общемирового рынка нанотехнологий может достичь триллиона долларов в год, причем львиную

долю в нем будут занимать наноматериалы и изделия наноэлектроники.

В России нанобум инициирован позднее (2006 г.) и несколько иначе, чем в США. Первое, что сделало правительство РФ — определило головную организацию по развитию nanoиндустрии, которой стал РНЦ «Курчатовский институт» (Москва). По инициативе правительства разработаны две федеральные целевые программы по развитию нанотехнологий в России. В 2007 г. принят федеральный закон «О Российской корпорации нанотехнологий» и создана государственная корпорация «Роснанотех» (ныне «Роснано»).



Наночистый материал «АкваВаллис», созданный в Институте физики прочности и материаловедения СО РАН (Томский научный центр), удерживает даже те патогены, размер которых много меньше пор фильтра. Сканирующий электронный микроскоп. Фото с сайта <<http://aquavallis.com>>

Сорбционные фильтры АкваВаллис (AquaVallis) — одна из пионерных работ сибирских нанотехнологов. Фильтровальный материал состоит из полимерных микроволокон, на которые по специальной технологии нанесены нановолокна. Принцип действия фильтров основан на сочетании двух механизмов очистки — фильтрации и адсорбции.

Частицы, размер которых превышает размер пор материала (1 мкм), удаляются из воды фильтрацией. Загрязнения меньшего размера удаляются из воды за счет адсорбции на нановолокнах. В водной среде нановолокна создают высокий положительный дзета-потенциал, позволяющий удерживать отрицательно заряженные микро-частицы, в том числе и микроорганизмы, размер которых меньше размера пор материала.

В отличие от традиционных способов обеззараживания фильтр АкваВаллис удаляет из воды термоустойчивые, а также устойчивые к хлору бактерии и вирусы. Фильтры гарантируют полную микробиологическую безопасность питьевой воды, поэтому в первую очередь предназначены для детских садов, школ, интернатов, больниц, детских лагерей.

Строящийся совместно со Словенией завод по производству наночистых фильтров АкваВаллис в полном объеме заработает в 2009 г.

Для Российской академии наук руководством к действию является первая программа. На ее реализацию заложено 130 млрд руб., но лишь треть из них будет тратиться на фундаментальные и прикладные исследования по приоритетному направлению «Индустрия наносистем и материалов».

Участие Академии наук не предполагается пока ни во второй программе, чей бюджет составляет около 30 млрд руб., ни в проектах «Роснано», средства которой (130 млрд руб.) будут направлены на внедрение перспективных нанотехнологий, способных приносить отдачу в самом ближайшем будущем. Как считает нынешний руководитель госкорпорации «Роснано» А. Чубайс, ключевая задача госкорпорации — выйти к 2015 г. на объем выпуска продукции около 1 трлн руб., т.е. соразмерный тому, что выпускают сегодня энергокомпании, созданные в ходе реформы РАО «ЕЭС».

Для обеспечения руководства научными исследованиями по нанотехнологиям создана особая комиссия РАН, которая активно работала в течение лета 2007 г. В результате чего правительство РФ утвердило поправки в Устав РАН, благодаря которым в начале 2008 г. в составе Академии наук появилось новое структурное подразделение — Отделение информационных и нанотехнологий. Его руководителем назначен президент Курчатовского научного центра и по совместительству секретарь Общественной палаты академик РАН Е. П. Велихов, а курировать нанотехнологии будет лауреат Нобелевской премии академик РАН Ж. И. Алферов.

... прирастать будет Сибирью

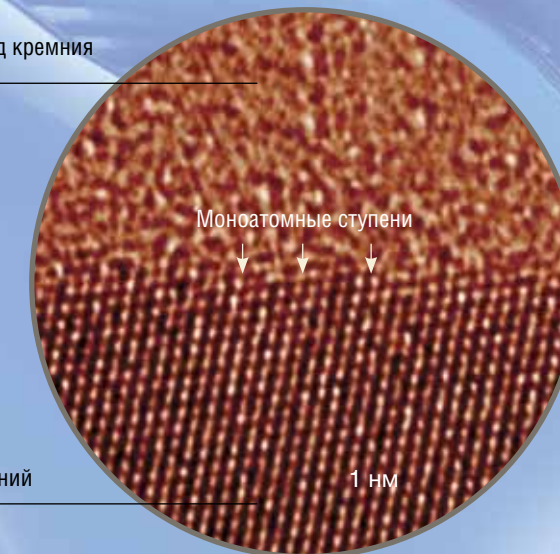
В качестве адекватного показателя активности академических учреждений в области нанотехнологических исследований могут выступать данные о распределении по регионам организаций, ставших участниками Федеральной целевой программы (ФЦП). Показательными являются данные как по числу заявок, так и по относительному числу выигранных лотов.

Сибирский регион формально выглядит достаточно благополучным, особенно на фоне Урала и Южного федерального округа. Однако если сравнить данные по числу поданных заявок, то ситуация выглядит менее оптимистичной: так, в Центральном федеральном округе подано около 3 тыс. заявок, а в Сибирском федеральном округе — только 600, т.е. в пять раз меньше.

Если же перейти к реальному финансированию (системе контрактов), то здесь разница становится еще более значительной. В Центральный округ инвестировано 7 млрд руб., в Сибирский же округ — около 700 млн руб., т.е. в десять раз меньше. Одной из основных причин

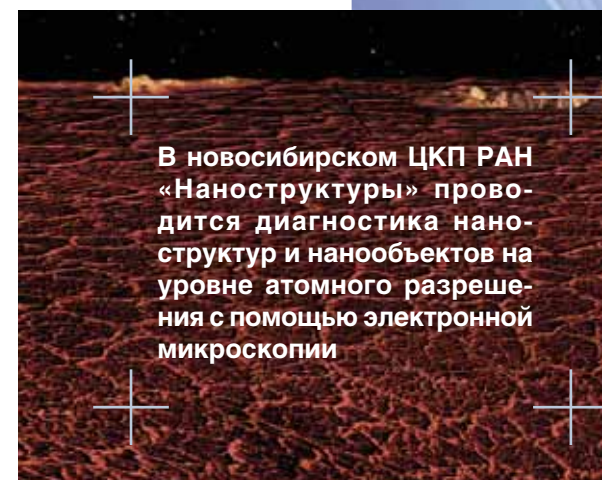
Изображение моноатомных ступеней на поверхности кремния под слоем оксида в сечении, перпендикулярном поверхности, получено с помощью высокоразрешающего электронного микроскопа JEM-4000EX. Его разрешающая способность по точкам, т.е. возможность различить две точки на определенном расстоянии, составляет 0,16 нм. Фото к. ф.-м. н. А. К. Гутаковского

Оксид кремния

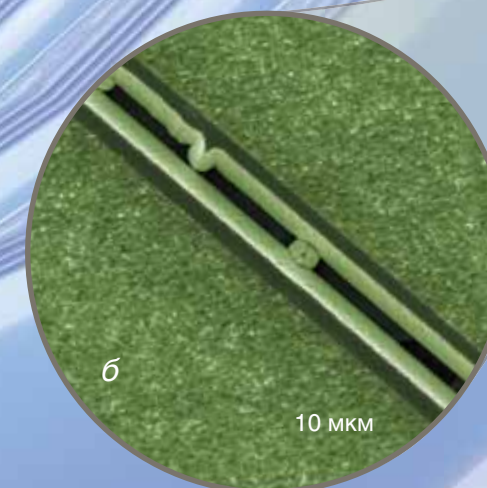


Кремний

1 нм



При изготовлении прибора на основе КРТ (кадмий—ртуть—теллур) с помощью сканирующего электронного микроскопа LEO на пленке КРТ (а) можно обнаружить непротравленные каналы (б), вызывающие электрические закоротки. Фото из архива лаборатории нанодиагностики и нанолитографии ИФП СО РАН



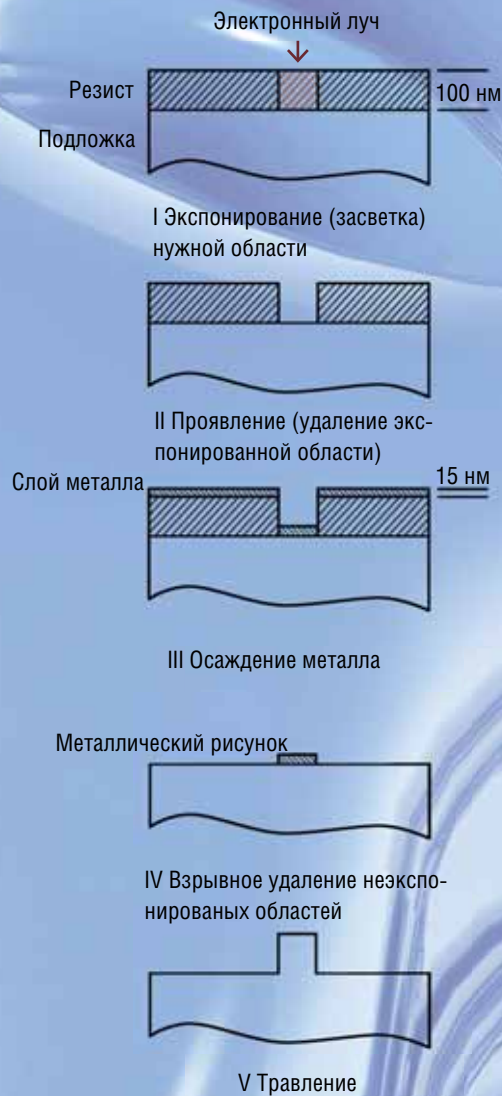
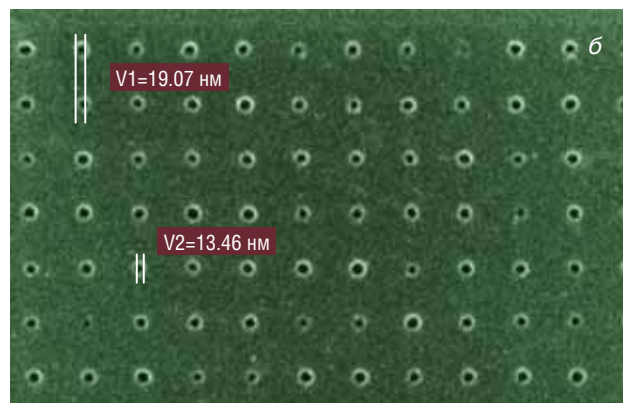
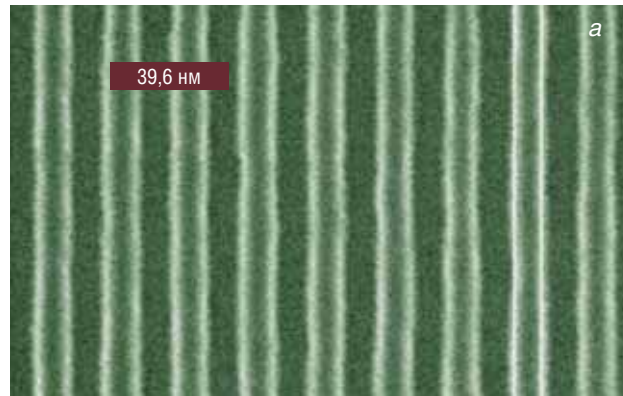


Схема последовательных этапов создания нановыступов с помощью высокоразрешающей электронной литографии



Массивы однородных элементов с минимальным размером до 40 нм (а, кремний) и 13 нм (б, нитрид титана), созданные методом высокоразрешающей электронной литографии на установке RAITH-150 с использованием органического резиста (полиметилметакрилата). Сканирующий электронный микроскоп. Фото из архива лаборатории нанодиагностики и нанолитографии ИФП СО РАН

Установка RAITH-150 для электронной литографии



такого явного различия является большая разница во внебюджетном финансировании (4 млрд руб. против 400 млн руб.).

Наличие конкретных предприятий и организаций, которые могли бы финансово поддержать поданные заявки, — исключительно важный фактор успешной реализации программы. И, как можно судить по цифрам, в Сибирском регионе таких предприятий пока еще слишком мало. (Тем не менее у нас есть некоторые основания для оптимизма: так, при проведении в Сибири в 2007 г. очередного, 15-го Международного симпозиума «Наноструктуры: физика и технология» (его организаторы — нобелевские лауреаты Ж.И. Алферов и Л. Есаки) не было никакой проблемы со спонсорами — ими стали крупнейшие мировые фирмы и несколько российских компаний, успешно работающие в сфере нанотехнологий.)

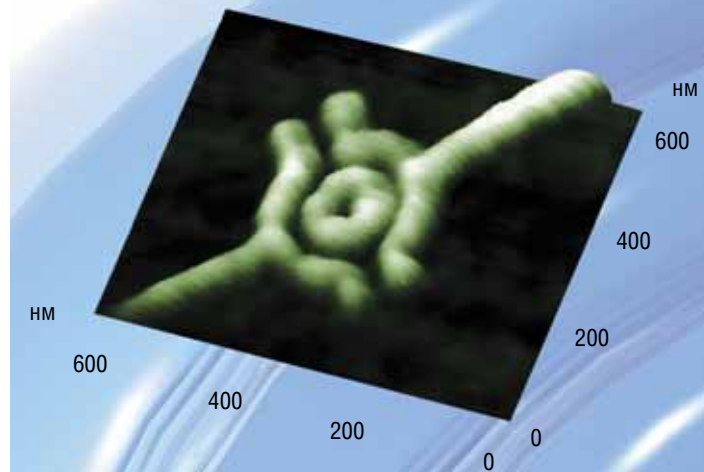
Фронт работ по нанотехнологиям в Сибирском отделе выглядит впечатляюще. Приведем несколько примеров подобных исследований, успешность которых подтверждена их поддержкой в рамках федеральной целевой программы.

Первая классическая работа, ставшая настоящим прорывом в новой области и посвященная детонационному синтезу алмазов, выполнена в Институте гидродинамики СО РАН (Новосибирск). Впервые показано, что образование ультрадисперсных алмазов происходит не внутри детонационной волны, как считалось ранее: волна лишь создает реакцию смеси (плазму), из которой затем в ходе химических реакций (а не при фазовом превращении графита) образуются наноалмазы.

Далее следует отметить работы по созданию нанодисперсных порошков, нановолокон, различных наноматериалов, в том числе углеродных, молекулярных контейнеров. Так, в Институте физики прочности и материаловедения в Томском научном центре доведена до стадии практического применения работа по созданию нового фильтровального наноматериала «АкваВалис».

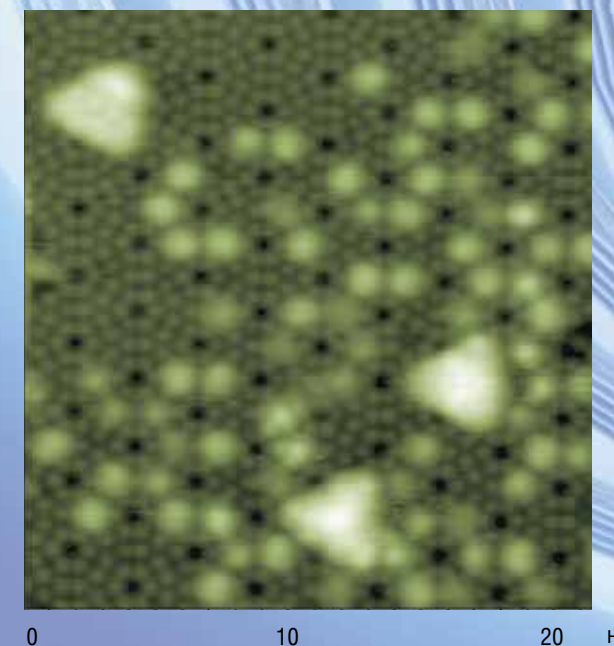
Исследователи из Института переработки углеводородов Омского научного центра достигли больших успехов в работе по созданию новых каталитических наноматериалов для очистки и фильтрации техногенных газов и жидкостей, сорбентов для выделения благородных и цветных металлов.

Особо хочется отметить созданный в 2003 г. при Институте физики полупроводников СО РАН Центр коллективного пользования СО РАН «Наноструктуры», обеспечивающий комплексную метрологическую, диагностическую и технологическую поддержку исследований в области нанотехнологий, наноматериалов и нанoeлектроники. Работа этого центра отмечена грантом Министерства образования и науки РФ.



Электронный интерферометр, созданный с помощью запатентованной в ИФП СО РАН технологии локального анодного окисления на большую глубину посредством твердотельного зонда сканирующего зондового микроскопа. Атомно-силовой микроскоп. Фото из архива лаборатории нанодиагностики и нанолитографии ИФП СО РАН

Изображение нанокластеров германия на реконструированной поверхности кремния с ориентацией (111) и шагом реконструкции (7×7). Сканирующий туннельный микроскоп (22 нм × 22 нм). Фото к. ф.-м. н. С. А. Тийса

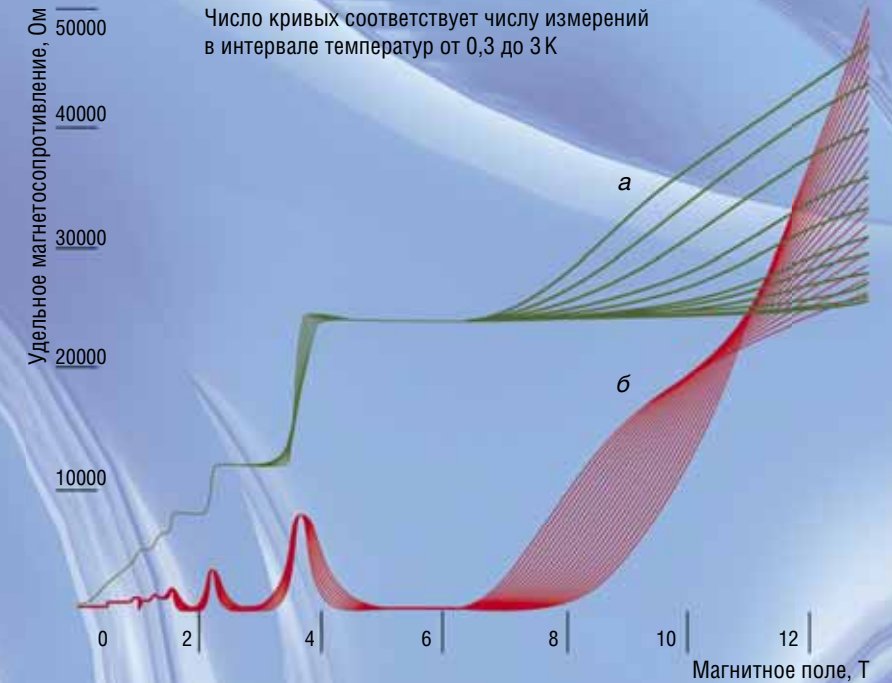


В ЦКП «Наноструктуры» с помощью методов электронной, зондовой и ионной литографии создаются наноструктуры высокой плотности, которые могут использоваться в производстве элементов нанoeлектроники



Установка молекулярно-лучевой эпитаксии «Обь-М», на которой выращивают полупроводниковые эпитаксиальные структуры КРТ (кадмий—ртуть—теллур), разработана и изготовлена в ИФП СО РАН (Новосибирск). На фото — старший научный сотрудник Н.Н. Михайлов (слева) и заведующий отделом инфракрасной оптоэлектроники на основе КРТ, д. ф.-м. н. Ю.Г. Сидоров (справа). Фото из архива лаборатории технологии эпитаксии из молекулярных пучков соединений A_2B_6 .

Показателем высокого качества эпитаксиальных полупроводниковых наноструктур на основе КРТ (кадмий—ртуть—теллур), выращенных в ИФП СО РАН, является существование в них квантового эффекта Холла. Это явление, открытие которого отмечено двумя Нобелевскими премиями, сегодня может наблюдать любой студент старших курсов. Суть эффекта в том, что при низких температурах в сильных магнитных полях удельное магнетосопротивление проводника, измеренное перпендикулярно направлению протекания тока, с ростом величины поля изменяется ступенчато. Это подтверждает существование в структуре вырожденного двумерного электронного газа, где подвижность электронов перпендикулярно поверхности за счет тонкости слоев сильно ограничена. Поскольку значение квантованного сопротивления Холла не зависит от типа материала, его используют как стандарт сопротивления



На графике, иллюстрирующем зависимость холловского магнетосопротивления наноструктуры на основе КРТ от величины магнитного поля, отчетливо виден эффект квантования — ступенчатого изменения холловского сопротивления, измеренного перпендикулярно направлению протекания тока (а), в отличие от сопротивления, измеренного вдоль протекания тока (б). По: (Ольшанецкий Б.З. и др., 2006)

Для «войны и мира»

В ИФП СО РАН нанотехнологии базируются на установках молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ), в основе которой лежит напыление различных материалов на плоские подложки в условиях сверхвысокого вакуума. Эта технология разработана почти сорок лет назад, и в настоящее время рынок производителей оборудования МЛЭ достаточно широк, причем лидируют французская фирма RIBER и американская VECCO. Однако стоимость подобных установок высока (1–2 млн евро), поэтому создание собственного оборудования для МЛЭ было инициировано в ИФП СО РАН еще при академике А. В. Ржанове в конце 1970-х гг.

На основе гетероструктур КРТ, производимых в институте методом молекулярно-лучевой эпитаксии, уже созданы различные приборы оборонного назначения — тепловизионные системы наведения и пеленгации, а также продукция гражданского назначения. Исследования по последней тематике поддерживаются госконтрактом с Министерством образования и науки РФ благодаря тому, что ОАО «Российские железные

дороги» гарантировало сбыт оптоэлектронных систем, позволяющих контролировать тепловое излучение букс подвижного состава, в размере 1,5 млрд руб. Этими системами планируется оснастить все отечественные железные дороги.

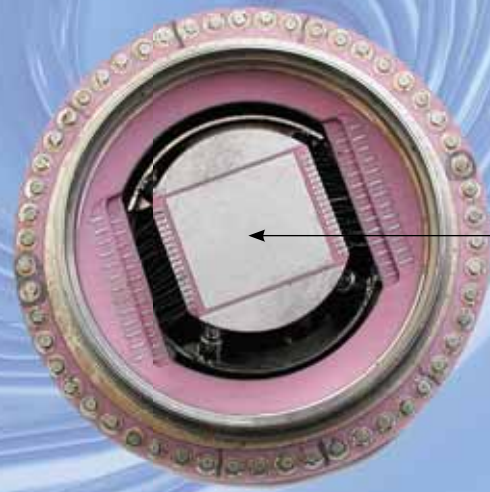
Большим успехом исследователей из ИФП СО РАН можно считать создание эпитаксиальных полупроводниковых структур для полевых высокочастотных транзисторов. В содружестве с новосибирским предприятием «Октава» и томским «Микран» удалось создать лучшие на настоящий момент усилители с мощностью 6 Вт на частоте 10 GHz — антенные фазированные активные решетки. Поскольку один модуль включает в себя несколько тысяч усилительных трактов, их размеры и характеристики во многом определяют компактность и эффективность подобных устройств.

Институт по праву гордится еще одним своим достижением — лазером с вертикальным резонатором на основе полупроводниковых наноструктур. Это самый миниатюрный в мире источник когерентного излучения. Лазер создан в содружестве с петербургскими и немецкими коллегами, но сами наноструктуры и тех-

Метод молекулярно-лучевой эпитаксии, позволяющий наращивать отдельные атомные слои из различных материалов на поверхности подложки из полупроводника, является одной из технических основ нанoeлектроники

Куратор исследований по нанотехнологиям в РАН академик РАН Ж. И. Алферов высоко оценил работы сотрудников новосибирского Института физики полупроводников СО РАН. 2007 г. Слева направо: к. ф.-м. н. А. К. Гутаковский, академик Ж. И. Алферов, чл.-кор. РАН А. В. Латышев, академик А. Л. Асеев. Фото В. Яковлева





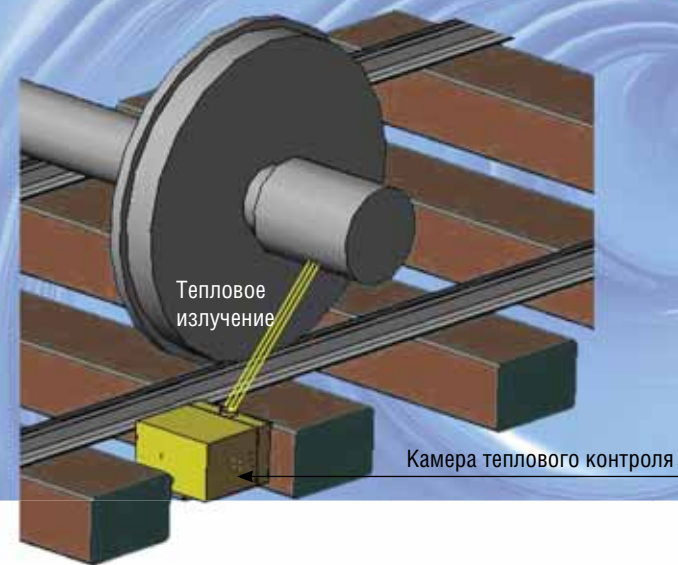
Фотоприемная матрица на основе КРТ

В многоэлементном фотоприемном устройстве «Вакуум» используется эпитаксиальный материал КРТ. *Производство ОАО «Сапфир» (Москва)*

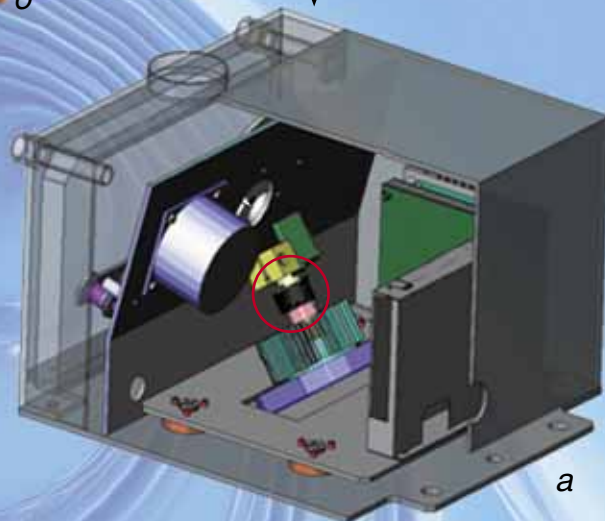
В камере теплового контроля буксы железнодорожного колеса (а) установлено фотоприемное устройство на основе структур КРТ (б). Камера предназначена для обеспечения безопасности работы буксовых узлов современного подвижного железнодорожного состава при скорости поезда до 400 км/ч. *Производство ОАО «Сапфир» (Москва)*



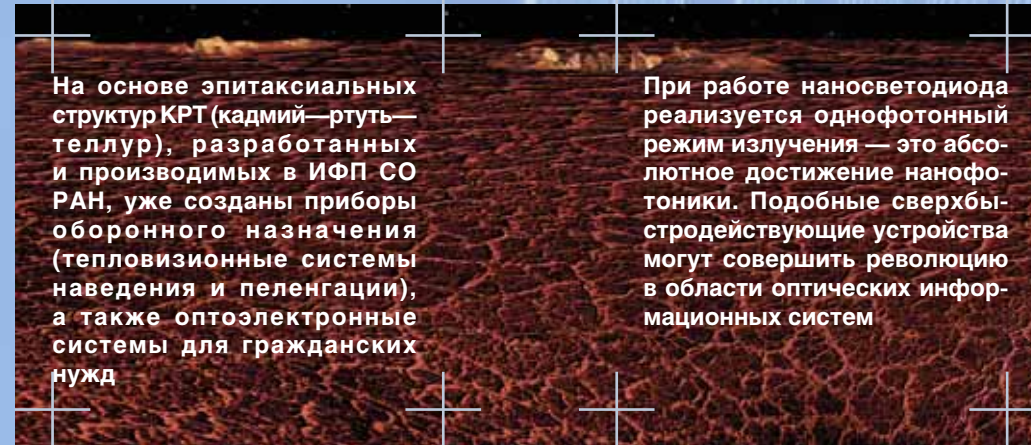
Фотоприемное устройство на основе КРТ



Камера теплового контроля

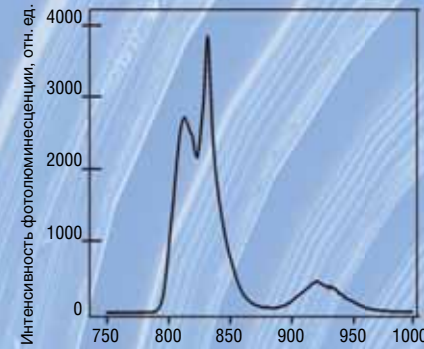


а

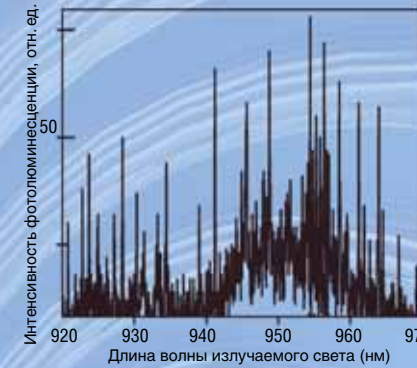


На основе эпитаксиальных структур КРТ (кадмий—ртуть—теллур), разработанных и производимых в ИФП СО РАН, уже созданы приборы оборонного назначения (тепловизионные системы наведения и пеленгации), а также оптоэлектронные системы для гражданских нужд

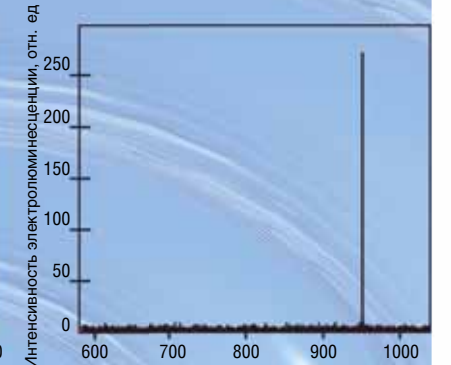
При работе наносветодиода реализуется однофотонный режим излучения — это абсолютное достижение нанофотоники. Подобные сверхбыстродействующие устройства могут совершить революцию в области оптических информационных систем



а) Фотолюминесценция массива квантовых точек при лазерном облучении (диаметр лазерного пятна 100 мкм)



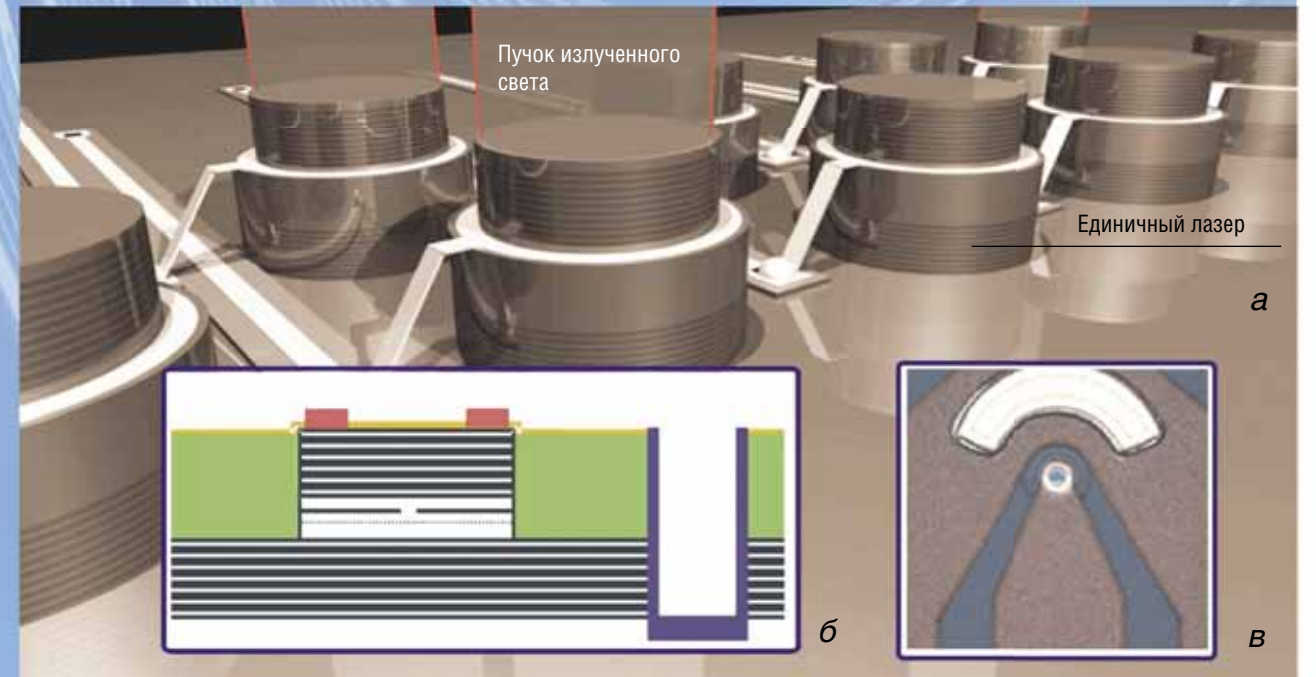
б) Микрофотолюминесценция квантовых точек (диаметр лазерного пятна 2 мкм)



в) Нанозлектролюминесценция при пропускании тока (диаметр токовой апертуры 0,85 мкм)

По мере уменьшения диаметра пятна лазера при оптическом возбуждении фотолюминесценции или уменьшении оксидной апертуры светодиодов при токовом возбуждении, характер излучения массива квантовых точек InAs (индий—мышьяк) принципиально меняется: широкая полоса излучения (а) превращается в лес излучений от отдельных квантовых точек (б), и в предельном случае виден абсолютно четкий единичный пик — излучение от одной квантовой точки (в)

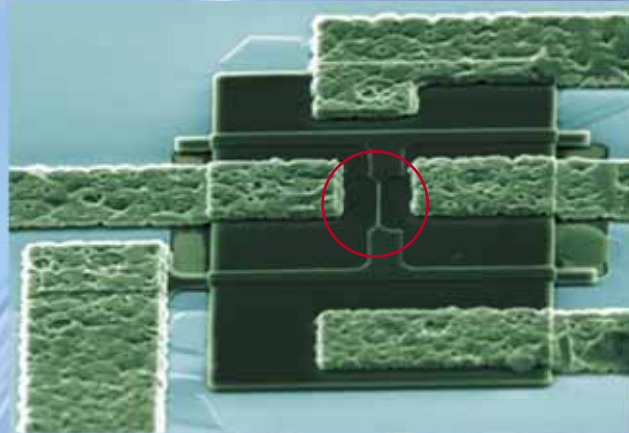
Схема оптической системы параллельной передачи информации на основе массива лазеров с вертикальным резонатором (а). б — схема единичного лазера (поперечный разрез); в — оптическая микрофотография единичного лазера (вид сверху). *Разработка Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН (Новосибирск), Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе РАН (С.-Петербург), Института физики твердого тела и Центра нанофотоники Технического университета Берлина (Германия)*



а

б

в



Созданный по уникальной технологии МОП-нотранзистор (на системе кремний на изоляторе) предполагается использовать в качестве сенсора органических молекул (разработка лаборатории технологии кремниевой микроэлектроники, рук-во д.ф.-м.н, В.П. Попова). Фото из архива лаборатории нанодиагностики и нанолитографии ИФП СО РАН



Согласно расчетам, относительное изменение тока нанопроволочки транзистора — сенсора органических молекул — при присоединении молекулы с единичным зарядом зависит от величины потенциала подложки.

При этом нанопроволочка демонстрирует разную чувствительность к зарядам противоположного знака. Изменение потенциала подложки позволяет реализовать работу нанопроволочки (протекание тока) в режиме транзисторного (экспоненциального) усиления, что обеспечивает высокую чувствительность устройства при взаимодействии с заряженными органическими молекулами

Чувствительность сенсора органических молекул, разрабатываемого в ИФП СО РАН, оценивается в 10 молекул на 1 мм³ раствора. Это открывает большие возможности для его использования в биологии и медицине

нология их получения разработаны в ИФП СО РАН.

Используемые в лазере сложноорганизованные наноструктуры, включающие в себя сотни тончайших слоев с квантовыми ямами и квантовыми точками, по ряду параметров не имеют аналогов в мире. Они характеризуются быстройдействием в десятки гигабит в секунду, благодаря чему появляется возможность достичь на матричных элементах фантастической скорости передачи данных — терабит в секунду (1 Тбит = 10^{12} бит).

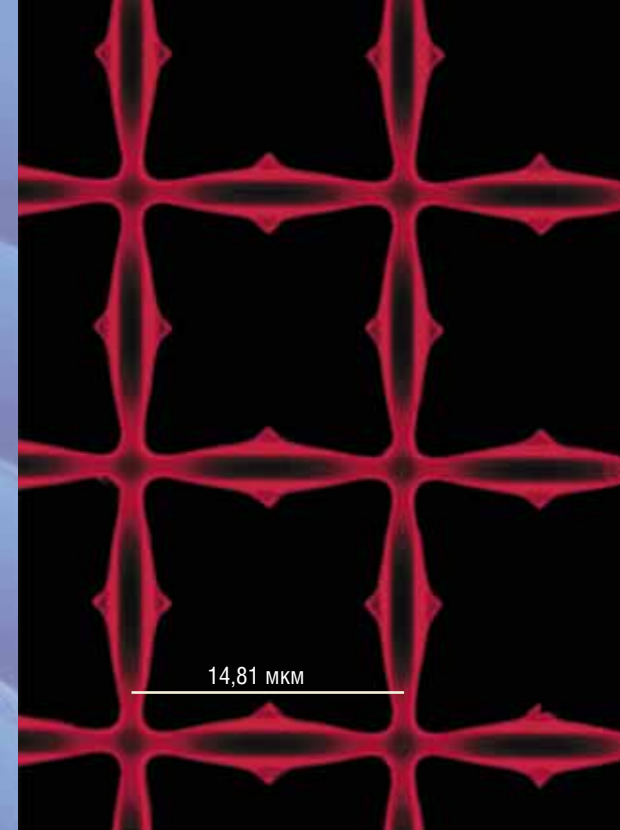
Это — настоящая революция в области межчиповых и межплатных соединений, имеющая самое непосредственное отношение к обеспечению эффективности и компактности вычислительных систем. Сверхбыстродействующие полупроводниковые лазеры с вертикальным резонатором могут применяться как в квантовой криптографии и прецизионной спектроскопии, так и в качестве эталона оптической мощности.

Считанные молекулы

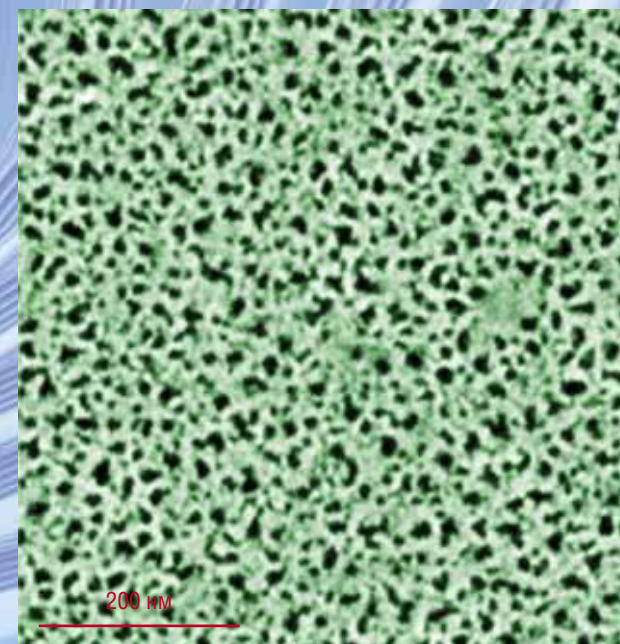
Области практического применения полупроводниковых наноструктур поистине безграничны — это настоящие проводники в мир высоких технологий.

Так, для решения биологических задач в ИФП СО РАН разработано оригинальное нанoeлектронное устройство, представляющее собой МОП-нотранзистор, изготовленный на системе металл—кремний на изоляторе, длина затвора которого составляет десятки нанометров.

Согласно предварительным расчетам, на поверхности этого транзистора можно фиксировать единичные заряды, что открывает возможности для использования его как счетчика органических молекул. Разработка этой технологии также поддержана госконтрактом.

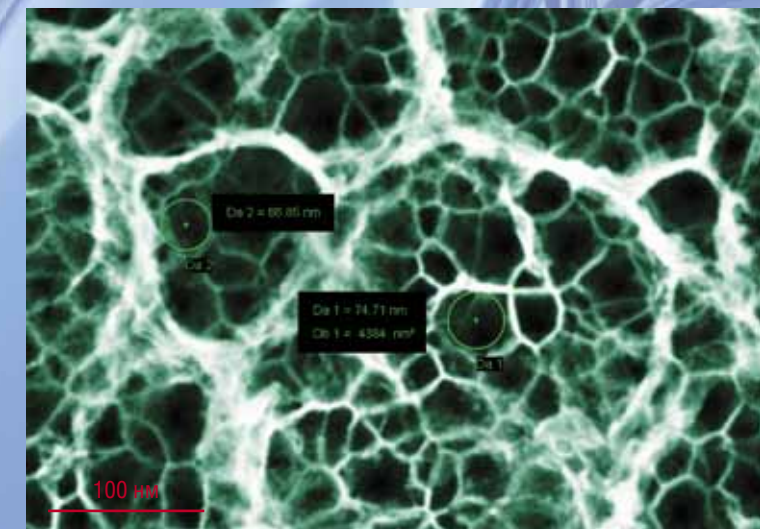


Микро- и наноканальные пластины из монокристаллического кремния могут быть использованы для регистрации крупных органических молекул и фильтрации ультрадисперсных биологических молекул и наночастиц

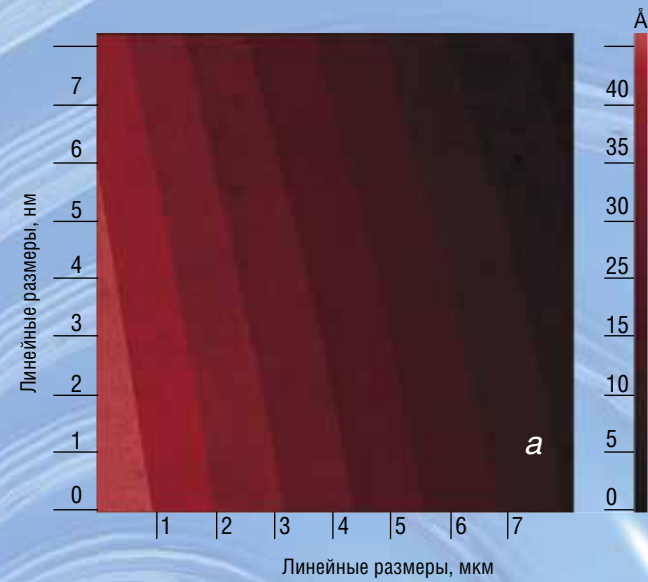


Оптический микроканальный сенсор ДНК представляет собой кремниевую пластину с каналами размером 15 × 15 мкм (фото слева), внутри которых осаждается определенное число олигонуклеотидных зондов-меток (фрагментов ДНК). При прохождении света через такую пластину фиксируются пики поглощения в ИК-диапазоне. Если в раствор добавить молекулы ДНК, то последние могут комплементарно связаться с молекулами-метками, иммобилизованными на пластине. По изменению поглощения в ИК-спектре можно судить о наличии реакции гибридизации (связывания) ДНК. Разработка ИФП СО РАН и ИХБФМ СО РАН

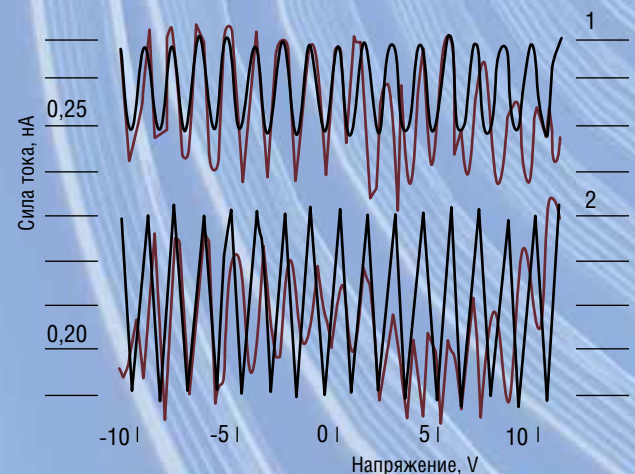
Пористая структура из монокристаллического кремния с размером пор до 10 нм предназначена для фильтрации биологических молекул и частиц в нанодиапазоне. Сканирующий электронный микроскоп. Результаты предоставлены к.ф.-м.н С.И. Романовым



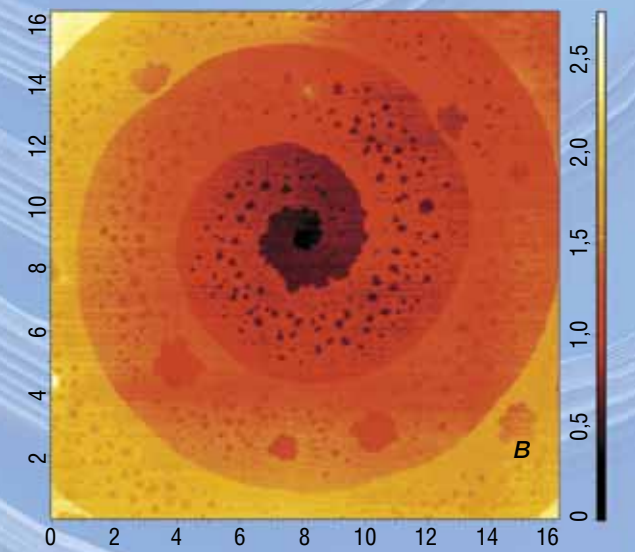
Все стандарты в области нанотехнологий должны быть заменены на квантовые. Стандарт электрического заряда может быть создан на основе одноэлектронных эффектов в наноструктурах; эталон нанометра для калибровки нанометровых размеров — на основе моноатомных ступенек на поверхности кремния



Скан — победитель Международного конкурса СЗМ сканов компании NT-MDT в 2007 г. (Е.Е. Родякина, С.С. Косолобов, Д.В. Щеглов, А.В. Латышев)



При низкой температуре изменение напряжения на один вольт в системе с двумя туннельными переходами (титан—оксид титана) вызывает одну осцилляцию тока, соответствующую туннелированию одного электрона через переход. По: (Литвин Л.В., 2003)



Совместно с Институтом химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН ведутся исследования по использованию микро- и наноканальных пластин, изготовленных из монокристаллического кремния, для регистрации крупных органических молекул и фильтрации ультрадисперсных биологических молекул и наночастиц соответственно.

Так, для микроканальных пластин впервые показана возможность регистрации в инфракрасном диапазоне реакции гибридизации (связывания) олигонуклеотидных меток (фрагментов ДНК, предварительно «защитных» в каналах пластины) с комплементарными участками исследуемой ДНК. Важно отметить, что вся используемая для этого приборная база, включая Фурье-ИК-спектрометр и ИК-микроскоп, также разработана и сделана в ИФП СО РАН.

На стадии проекта находится еще одна совместная уникальная разработка — устройство для чтения структуры ДНК. Предполагается, что с помощью подобных устройств можно будет делать полный анализ генома человека за несколько тысяч долларов в считанные дни. Пока же этот анализ стоит сотни тысяч долларов и занимает несколько месяцев.

Для подобных устройств нужны мембраны с точно калиброванными отверстиями в диапазоне 1–70 нм, в зависимости от метода считывания. С помощью высокоразрешающей электронной литографии в ИФП СО РАН уже научились изготавливать двумерные системы отверстий размером до 13 нм. Для электрического чипа, чтобы считать ДНК на основе одиночной нанопоры, требуются отверстия на порядок меньше. Тем не менее по имеющейся технологии в принципе уже можно изготовить мембраны с двумерной системой отверстий размером 35–70 нм, требующихся для чтения ДНК с помощью конфокальной микроскопии.

Существует еще одна очень важная проблема, малоизвестная широкой публике, — метрологическое обеспечение нанотехнологий. Это означает, что все стандарты в этой области должны быть заменены на квантовые. И в этом плане полупроводниковые структуры дают возможность создать стандарт электросопротивления на основе квантового эффекта Холла, стандарт вольта и стандарт электрического заряда на основе одноэлектронных эффектов в наноструктурах. В качестве примера последнего эффекта можно привести одноэлектронные осцилляции в системе с двумя туннельными переходами (в наноструктуре титан—оксид титана).

Кроме того, в ИФП СО РАН предложен вариант эталона нанометра на основе элементарных ступенек на атомно-гладкой поверхности монокристаллического кремния, которые могут рассматриваться как «кванты» рельефа поверхности или первичные эталоны. Предельно высокая точность изготовления такого эталона может быть обеспечена за счет привязки значений па-

раметров моноатомных ступеней к термодинамически равновесным (при заданных температуре и давлении) параметрам кристаллической решетки совершенного кремниевого кристалла.

Разработанные в настоящее время методы и технологии позволяют создавать тест-объекты для прецизионной калибровки устройств, с помощью которых проводятся измерения линейных размеров структур, используемых в нанотехнологиях. Такие тест-объекты, созданные в ИФП СО РАН, уже используются известной российской фирмой NT-MDT для калибровки производимых ею атомно-силовых микроскопов.

Будущее начинается сегодня

Фантастические перспективы развития нанотехнологий в области нанoeлектроники схематически можно представить в виде своеобразного «генеалогического» дерева.

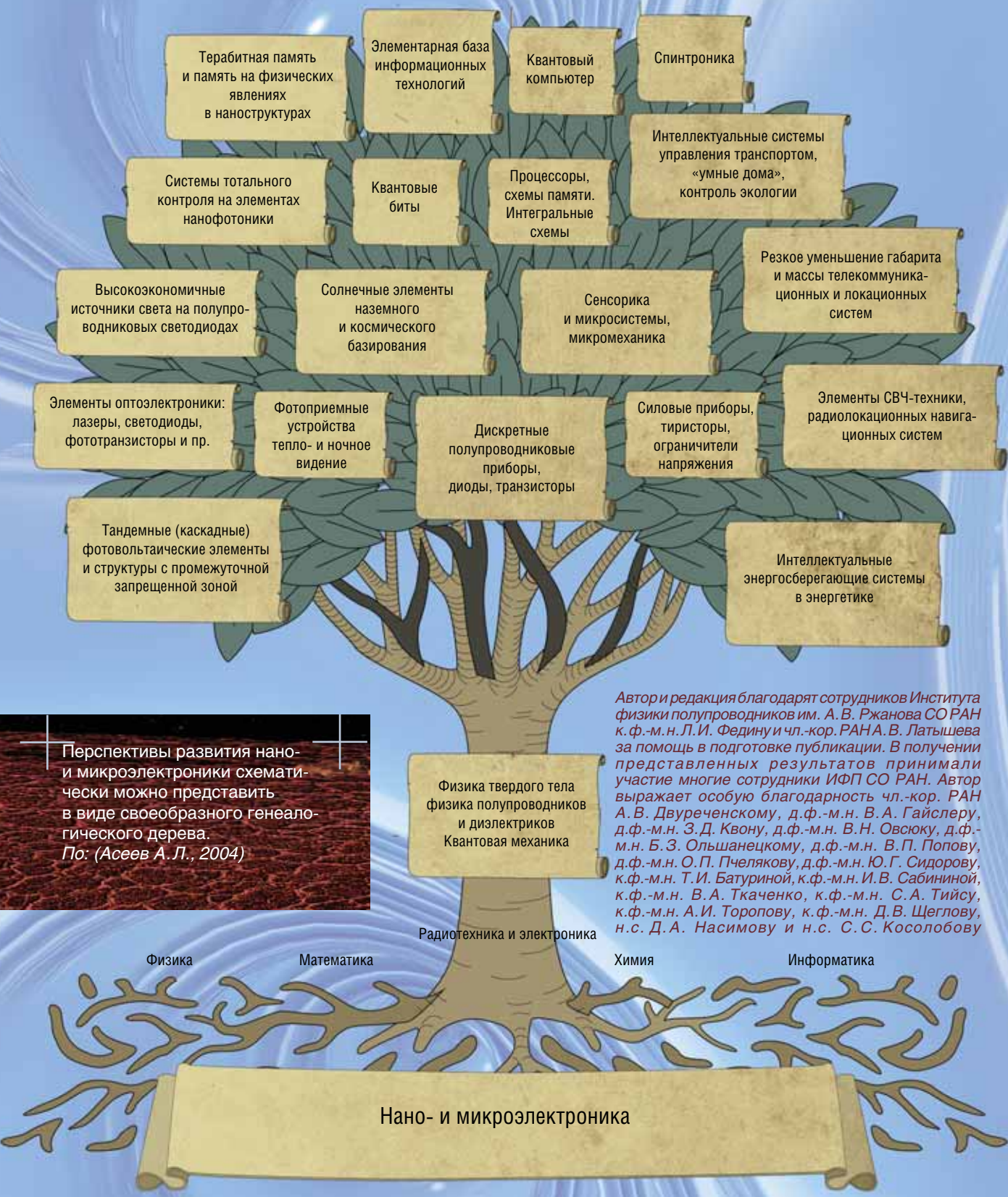
Уже в самом ближайшем будущем ожидается появление массово производимых, а потому дешевых и доступных фотоприемных устройств и элементов, а также высокоэкономичных источников света на основе полупроводниковых структур. Последние заменят все использующиеся сегодня источники света, эффективность которых не превышает несколько десятков процентов.

Далее будут созданы системы тотального контроля на элементах нанофотоники. Появятся интеллектуальные энергосберегающие системы в энергетике, интеллектуальные системы управления транспортом, «умные» дома, системы контроля экологических параметров окружающей среды.

В будущем резко уменьшатся габариты и масса телекоммуникационных систем. Центральным направлением станет революция в информационных технологиях и вычислительных системах: появятся такие элементы компьютеров, как квантовые биты, и, в далеком будущем, — квантовый компьютер, терабитная память.

Квантовые компьютеры смогут радикальным образом улучшить криптографические системы, которые используются для защиты передачи конфиденциальной информации. В перспективе квантовые компьютеры будут использоваться для ускоренного поиска в базах данных, создания систем аутентификации пользователя на основе его цифровой подписи.

Спинтроника (область квантовой электроники, в которой для физического представления информации наряду с зарядом используется спин частиц, связанный с наличием у них собственного механического момента) в приложении к наноструктурам создается уже сейчас. Нанoeлектроника широко оперирует квантовыми эффектами: туннелирование электронов и квантование



Перспективы развития нано- и микроэлектроники схематически можно представить в виде своеобразного генеалогического дерева.
По: (Асеев А. Л., 2004)

Авторы редакция благодарят сотрудников Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН к. ф.-м. н. Л. И. Федину и чл.-кор. РАН А. В. Латышева за помощь в подготовке публикации. В получении представленных результатов принимали участие многие сотрудники ИФП СО РАН. Автор выражает особую благодарность чл.-кор. РАН А. В. Двуреченскому, д. ф.-м. н. В. А. Гайслеру, д. ф.-м. н. З. Д. Квону, д. ф.-м. н. В. Н. Овсяку, д. ф.-м. н. Б. З. Ольшанецкому, д. ф.-м. н. В. П. Попову, д. ф.-м. н. О. П. Пчелякову, д. ф.-м. н. Ю. Г. Сидорову, к. ф.-м. н. Т. И. Батуриной, к. ф.-м. н. И. В. Сабининой, к. ф.-м. н. В. А. Ткаченко, к. ф.-м. н. С. А. Тийсу, к. ф.-м. н. А. И. Торопову, к. ф.-м. н. Д. В. Щеглову, н. с. Д. А. Насимову и н. с. С. С. Косолюбову

электронных уровней в квантовых ямах приводят к изменению плотности состояний в низкоразмерных полупроводниковых структурах. Активно разрабатывается направление, связанное с квантовыми битами и квантовыми системами из двух состояний. В ближайшем будущем предполагается использовать и так называемое *запутанное состояние** квантовой системы из двух частиц.

Квантовая механика обещает нам еще много практических приложений, в том числе и совершенно неожиданных. Например, тонкие сверхпроводящие пленки нитрида титана при определенных условиях становятся идеальными изоляторами (сверхизоляторами). Их сопротивление возрастает в 100 тыс. раз, что позволяет говорить о существовании нового квантового состояния вещества — сверхизоляции (V. Vinokur, T. Baturina et al., 2008). Как и сверхпроводник, сверхизолятор — система, в которой отсутствуют джоулевы потери энергии. Из этого состояния система может быть выведена пороговым образом при приложении напряжения или магнитного поля. Пока такое состояние вещества обнаружено только при сверхнизких температурах (около 0,2 К), что, по мнению экспертов, открывает перспективы для технологий, ориентированных на космос (создание электронных устройств — переключателей, диодов, магнитных сенсоров и т. д. с характеристиками, близкими к идеальным).

Итак, пусть и с опозданием, но «нанобум» начался и в России. И хотя во многом он пока носит «виртуальный» характер (основным нанотехнологическим изделием у нас до сих пор являются нанопорошки, т. е., по западным меркам, нанопродукты предыдущего поколения), тем не менее у нас есть главное — научная база и ученые, которые начали работать в этой области задолго до шумихи, поднятой средствами массовой информации.

Все необходимое для развития исследований в этой области деятельности — инфраструктура и высококвалифицированные кадры — есть и в Сибирском отделении РАН. Судя по имеющимся у наших ученых достижениям мирового уровня, СО РАН имеет все шансы стать одним из форпостов наноиндустрии в России.

В любом случае не нужно забывать, что «ахиллесова пята» нашей страны не в недостатке светлых голов и умелых рук, а в сложности внедрения научных разработок в практику. Поэтому, несмотря на весомую поддержку наноиндустрии государством, надо, по образному выражению бывшего российского премьер-министра Михаила Фрадкова, чтобы уже и «бизнес знал, что если он сегодня не пойдет в нанотехнологии, он пропустит все на свете. И будет, в лучшем случае, в телогрейке работать на скважине, которую будут обслуживать и управлять наши друзья и партнеры».

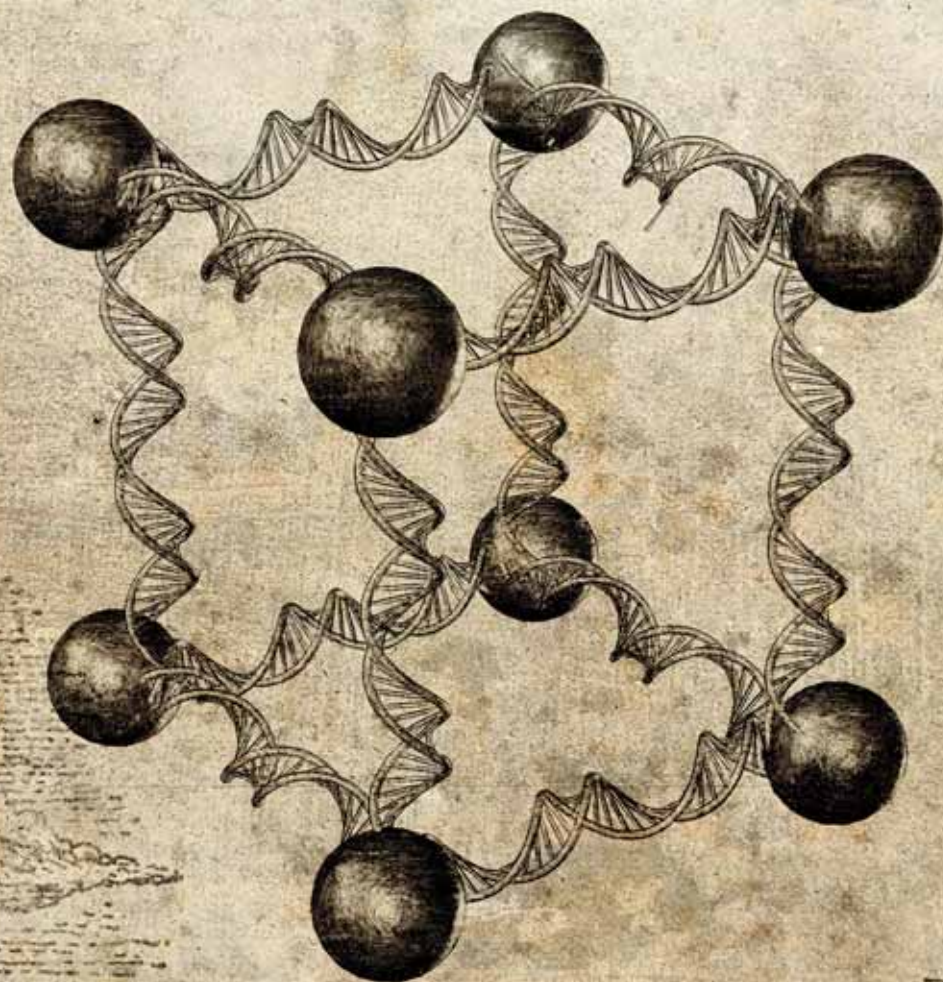
***Запутанность** — способность частиц микромира (атомов, фотонов, электронов) объединяться в пары при их сближении так, что квантовые состояния этих частиц всегда будут связаны, даже если после этого частицы в прямом смысле развести по разным городам. Чтобы использовать запутанные квантовые состояния в практических целях, надо научиться создавать их, передавать на значительное расстояние, а затем отделять внешние воздействия (шумы) и получать «чистое» состояние. Если представить себе, что некий «шарик» может быть черным или белым, то применительно к компьютерной начинке мы можем говорить о «нуле» и «единице» или о том, что «шарик» кодирует один бит. В микромире, живущем по законам квантовой механики, «шарик» — электрон, фотон или ядро атома — может находиться в суперпозиции, т. е. в промежуточном состоянии между нулем и единицей. Но это не будет «шарик» серого цвета, как можно было бы предположить по аналогии с привычным миром, а некое соотношение вероятностей того, что мы увидим этот «шарик» либо черным, либо белым. Следовательно, число состояний «шарика» фантастически велико!

Литература
 Алферов Ж. И., Асеев А. Л., Гапонов С. В. и др. *Нанотехнологии и зондовая микроскопия // Микросистемная техника*. — 2003. — № 8. — С. 3.
 Асеев А. Л. *Нанотехнологии в полупроводниковой электронике // Вестн. РАН*. — 2006. — Т. 76, № 7. — С. 557–562.
 Асеев А. Л. *Наноматериалы и нанотехнологии для современной полупроводниковой электроники // Российские нанотехнологии*. — 2006. — Т. 1, № 7. — С. 97–110.
Атомная структура полупроводниковых систем / Отв. ред. акад. РАН Асеев А. Л. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. — 292 с.
 Латышев А. В., Асеев А. Л. *Моноатомные ступени на поверхности кремния. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. — 242 с.*
Нанотехнологии в полупроводниковой электронике / Отв. ред. чл.-кор. РАН Асеев А. Л. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. — 368 с.
 Olshanetsky E. B., Sami S., Kvon Z. D. et al. *Quantum Hall liquid-insulator and plateau-to-plateau transitions in a high mobility 2DEG in HgTe quantum well // JETP Letters*. — 2006. — Т. 84, N 10. — P. 661–665.
 Vinokur V. M., Baturina T. I., Fistul M. V. et al. *Superinsulator and quantum synchronization // Nature*. — 2008. — N 452. — P. 613–616.

Д. В. ПЫШНЫЙ, А. Г. ВЕНЬЯМИНОВА, А. Н. СИНЯКОВ, М. А. ЗЕНКОВА, В. В. ВЛАСОВ

НУКЛЕИНОВЫЙ КОНСТРУКТОР

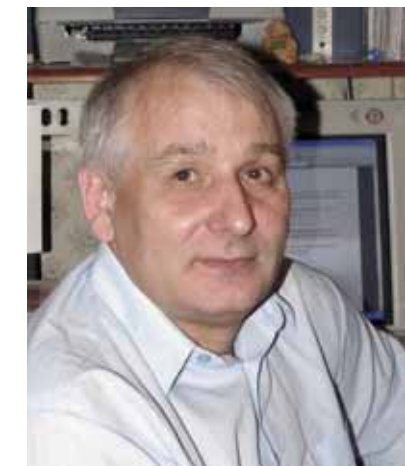
В нанодавние времена в наностране люди строили дома из нанокирпичей, которые валялись в информационном поле. Нанофольклор



ПЫШНЫЙ Дмитрий Владимирович — кандидат химических наук, доцент, заместитель директора, заведующий лабораторией бионанотехнологии Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор 95 научных работ, в том числе 6 патентов



ВЕНЬЯМИНОВА Алия Гусейновна — кандидат химических наук, доцент, заведующая лабораторией химии РНК Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск). Лауреат Государственной премии РФ (1999). Автор и соавтор 156 научных работ, в том числе 5 патентов



СИНЯКОВ Александр Николаевич — кандидат химических наук, заведующей лабораторией медицинской химии Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор 85 научных работ, в том числе 15 патентов

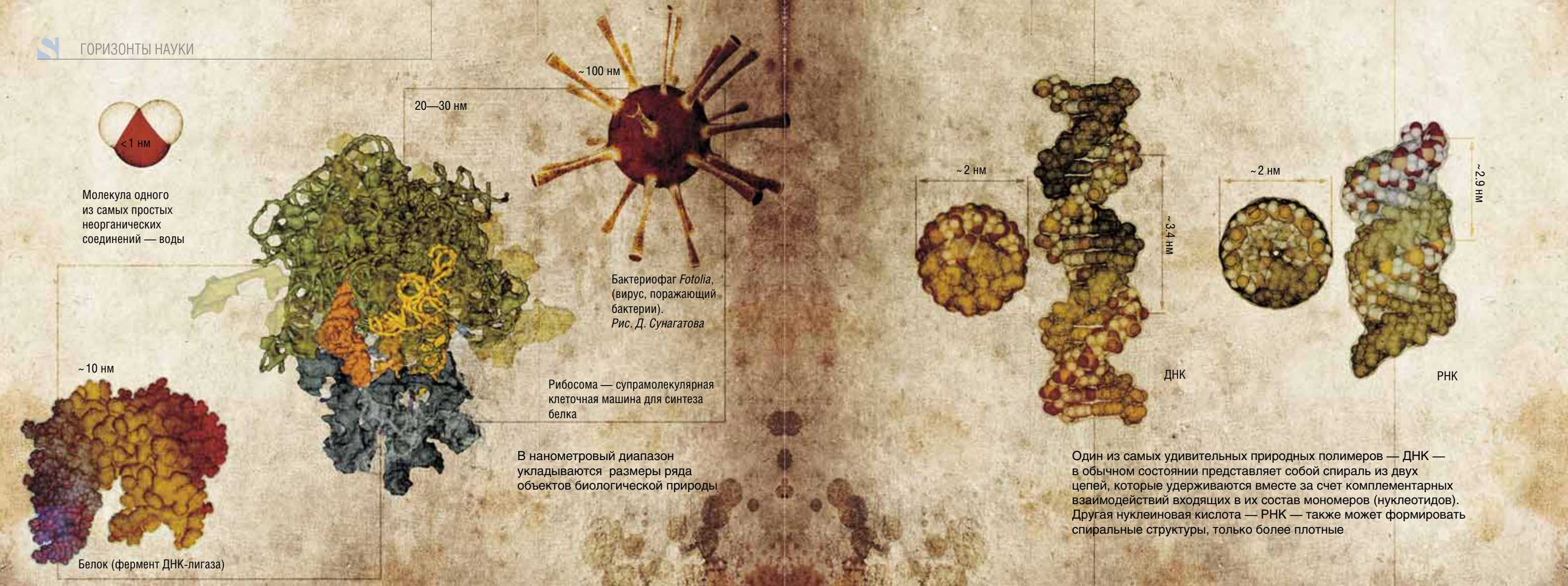
Молекулы относительно простых соединений имеют размеры меньше одного нанометра. Однако в разряд нанообъектов попадают и биологические макромолекулы, такие как белки и нуклеиновые кислоты, а также еще более крупные молекулярные «клеточные машины» и даже самые «простые» живые организмы — вирусы. Фундаментальными исследованиями этих объектов традиционно занималась и занимается молекулярная биология. Наряду с этим ученые работали над проблемами синтеза природных макромолекул, создания и применения их искусственных аналогов с новыми свойствами, причем делали это задолго до того, как нанотехнологии были объявлены государственным приоритетом



ЗЕНКОВА Марина Аркадьевна — доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией биохимии нуклеиновых кислот Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор 120 научных работ и 3 патентов



ВЛАСОВ Валентин Викторович — академик РАН, доктор химических наук, профессор, директор Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск). Лауреат Государственной премии РФ (1999). Автор и соавтор более 200 научных работ, в том числе 9 патентов



В нанометровый диапазон укладываются размеры ряда объектов биологической природы

Один из самых удивительных природных полимеров — ДНК — в обычном состоянии представляет собой спираль из двух цепей, которые удерживаются вместе за счет комплементарных взаимодействий входящих в их состав мономеров (нуклеотидов). Другая нуклеиновая кислота — РНК — также может формировать спиральные структуры, только более плотные

Нанотехнологии — современный подход к использованию таких свойств вещества, которые определяются его структурными элементами нанометровых размеров. Последнее означает, что при переходе вещества из макро- и микро- в наносостояние может происходить резкое, скачкообразное изменение его характеристик: физических, химических и биологических. Нанотехнология, а точнее, ее «теоретическая» ветвь, *нанонаука* (*nanoscience*), как раз и занимается изучением причин появления у вещества подобных квантовых свойств.

В практической области существование феномена «нановещества» позволяет разрабатывать технологии направленного изменения свойств материалов за счет их специфического структурирования на наноуровне. Продуктом нанотехнологий становятся необычные по свойствам материалы; ультрамалые замысловатые пространственные структуры; невидимые глазу совершенные механизмы, способные выполнять только им посильные операции на микроскопическом уровне.

Один нанометр (одна миллионная часть миллиметра) соответствует величине несложной молекулы, а

В природе сложные органические молекулы и надмолекулярные комплексы образуются по принципу самоорганизации из более простых молекул.

Бионанотехнология стремится установить принципы взаимодействия таких структур, чтобы воспроизвести природный процесс самосборки в искусственной системе.

Это позволяет не только «синтезировать» в пробирке разнообразные биологические структуры (от единичного фермента ДНК-лигазы до рибосомы или вирусоподобной частицы), но и шагнуть дальше, создавая биологические микрообъекты с заданными свойствами, которых в природе не существует

наиболее простые соединения, такие как вода, имеют значительно меньший размер. Основными деталями бионанотехнологического конструктора являются значительно более крупные органические молекулы, а также *супрамолекулярные комплексы* — сложно организованные надмолекулярные структуры. Их размер составляет от нескольких нанометров до десятков и сотен.

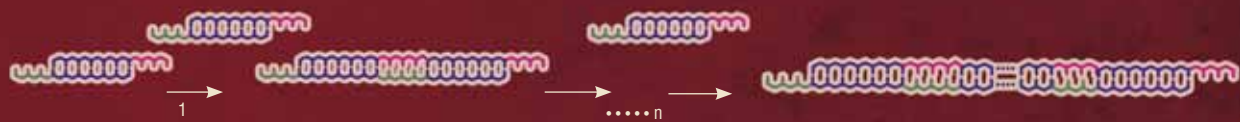
Роль главных структурных элементов в бионаноконструировании отводится молекулам нуклеиновых кислот — ДНК и РНК. Дело в том, что эти биополимеры обладают удивительной способностью самоорганизовываться в характерные пространственные конструкции — двуцепочечные структуры, удерживаемые комплементарными взаимодействиями. Это позволяет использовать нуклеиновые кислоты не только в качестве носителя генетической информации (записанной в последовательности биополимера четырьмя «буквами»-нуклеотидами), но и как удобные строительные блоки при создании наноконструкций.

Сегодня нуклеиновые кислоты являются доступным материалом благодаря разработке эффективных мето-

дов синтеза. Так, с помощью специальных приборов — синтезаторов можно в автоматическом режиме производить нуклеотидные цепи длиной до сотни звеньев. Поскольку «ассортимент» таких молекул ограничен лишь изобретательностью самого наноконструктора, сфера применения нуклеиновых кислот благодаря их доступности и практичности быстро расширяется.

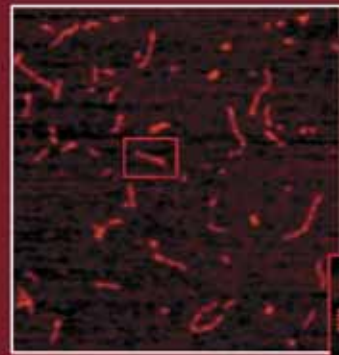
От покрытий до моторов

Самым простым примером самоорганизованной сборки наноструктур из нуклеиновых кислот является формирование *ДНК-конкатемеров* — полимерных структур из блоков, образованных лишь парой *олигонуклеотидов* (фрагментов ДНК). С помощью подобного подхода можно сконструировать также дву- и трехмерные структуры. При создании плоских и объемных конструкций наряду с «простыми» олигонуклеотидами используются также их *конъюгаты* (от лат. *conjugatio* — соединение) с другими нанообъектами неорганической или органической природы, например, с молекулами белка.



а — конструирование протяженных линейных структур из ДНК-наноблоков

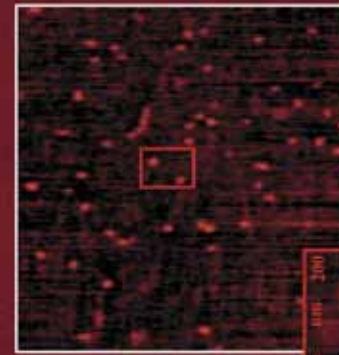
1,4 мкм



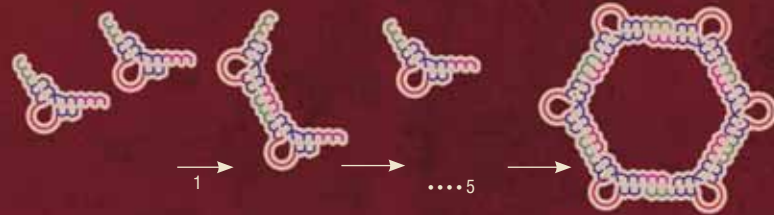
а



1,4 мкм



б



б — конструирование нелинейных структур из модифицированных ДНК-наноблоков

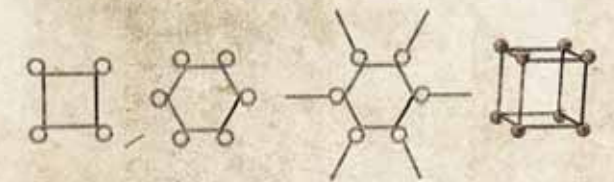


Флуоресценция полупроводниковых частиц сульфида кадмия (CdS)

R=0,95 нм 1,08 нм 1,15 нм 1,30 нм 1,49 нм 1,56 нм

◀ Простые линейные (а) и кольцевые (б) структуры из нуклеиновых кислот (ДНК-конкатемеры) можно получить из ДНК-блоков — двуцепочечных структур, на концах которых находится одноцепочечный фрагмент. Если нуклеотидные последовательности концевых участков будут комплементарны друг другу, то произойдет самопроизвольная сборка полимерной цепи.

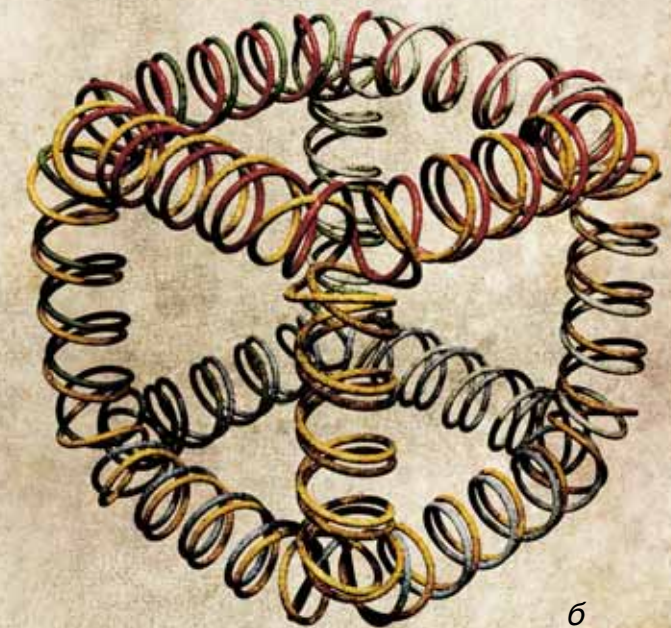
Образцы ДНК получены О. Виноградовой (ИХБФМ СО РАН); их изображения с помощью атомно-силовой микроскопии — Е. Родякиной (ЦКП СО РАН «Наноструктуры») (Новосибирск)



Примеры возможных ДНК-конструкций



а



б

Используя принцип взаимной комплементарности отдельных фрагментов в составе олигонуклеотидных наноблоков и различные модификации, изменяющие структурные параметры спиральных доменов, можно получать самособирающиеся наноструктурированные пленки (а) и объемные конструкции (б)

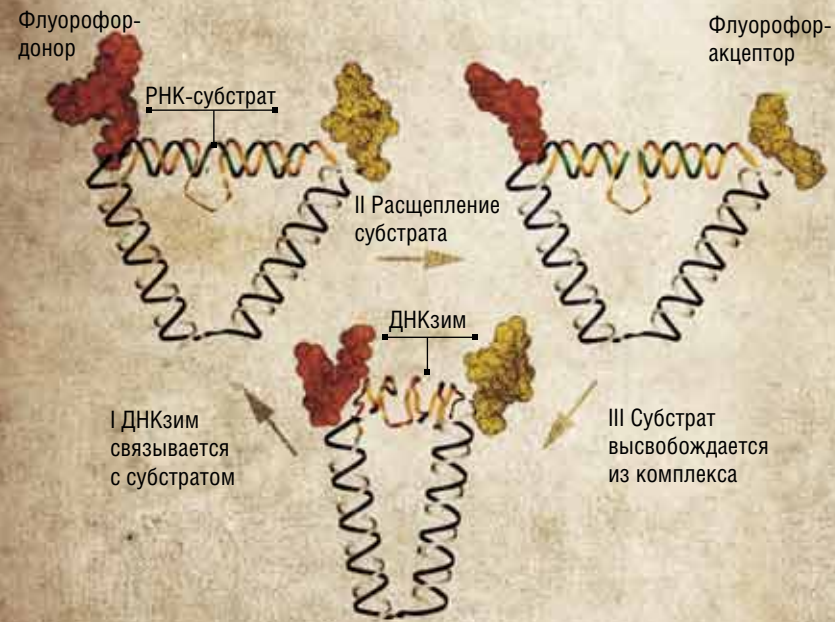
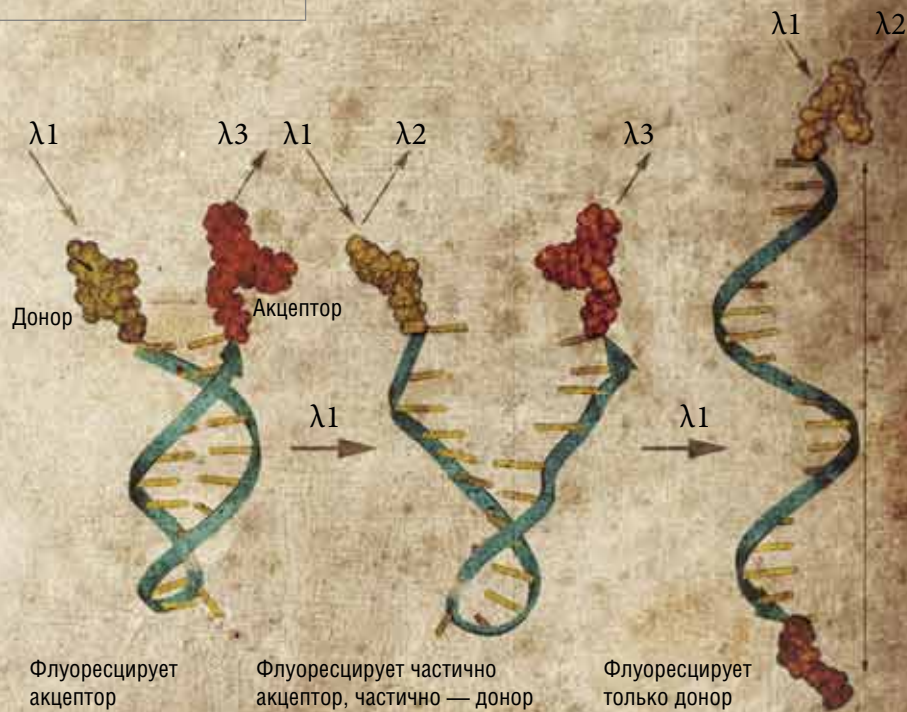
◀ Полупроводниковые наночастицы — квантовые точки — на основе сульфида кадмия флуоресцируют в водных растворах. Длина волны испускаемого ими света зависит от величины частиц: при увеличении размеров наблюдается смещение из коротковолновой (голубой) в длинноволновую (красную) область видимого спектра. Такие частицы используются в качестве эффективных меток при создании линейки олигонуклеотидных зондов для биоаналитических целей.

Фото Р. Анарбаева (ИХБФМ СО РАН)

В том числе можно получить упорядоченные пленочные структуры, где неорганические наночастицы выступают в качестве узлов-разветвителей. Такие материалы рассматриваются в качестве перспективных самособирающихся покрытий-шаблонов для полупроводниковых структур при создании современных микросхем. А объемные наноконструкции могут служить в качестве уникальных биосовместимых контейнеров для упаковки фармакологических препаратов и их адресной доставки к органам-мишеням.

Еще одним примером новых материалов служат конъюгаты олигонуклеотидов с квантовыми точками — по-

Метод FRET позволяет установить относительное расположение двух молекул или частей одной молекулы. Для этого используют две флуоресцентные метки — донорную и акцепторную, причем частота эмиссии донора должна соответствовать частоте возбуждения акцептора. Когда эти два флуорофора удалены друг от друга не более чем на несколько десятков ангстрем («спарены»), происходит перенос энергии флуоресценции с донора на акцептор. По мере увеличения расстояния между ними перенос энергии уменьшается, в результате чего флуоресценция акцептора начинает падать, а донора — увеличиваться



Проследить за движениями частей мотора можно благодаря особым флуоресцирующим меткам на концах ДНКзима. Акцептор способен снимать энергию с донора посредством FRET-эффекта, сам ее не переизлучая. Флуоресценция в системе появляется лишь тогда, когда акцептор удаляется от донора. По изменению интенсивности излучаемого системой света можно судить о работе нанодвигателя

лупроводниковыми наночастицами, способными к флуоресценции в видимом диапазоне света. Наборы олигонуклеотидных зондов, меченных с помощью такой технологии, упрощают решение ряда биологических задач (например, параллельного отслеживания нескольких процессов в живой клетке), а также используются в области медицинской ДНК-диагностики и компьютерной томографии.

На основе нуклеиновых кислот можно создавать и так называемые *клеточные молекулярные машины*, или *бионанодвигатели*, — наноустройства, способные автономно совершать движения, трансформируя энергию химических реакций в механическую работу. Важной характеристикой молекулярных наномашин является их автономность или самоуправление. Наномоторы имеют множество потенциальных применений, таких как обработка информации и регуляция химических реакций, а также молекулярная сборка в различных наноэлектронных приборах и биосенсорах.

В 2004 г. созданы ДНК-наномоторы, действующим началом которых является ДНКзим «10-23» — своеобразный фермент на основе ДНК. Эти «двигатели» способны производить механические движения до тех пор, пока доступно «топливо» — РНК-субстрат. Хотя эти наноустройства вполне автономны, есть возможность регулировать их работу «извне», например, добавляя или убирая субстрат-топливо (по аналогии с автомобильным «подаванием» или «сбрасыванием» газа). Более того, наномотор можно остановить и потом запустить вновь — для этих целей служат специально

сконструированные олигонуклеотидные цепочки «тормоз» и «удаление».

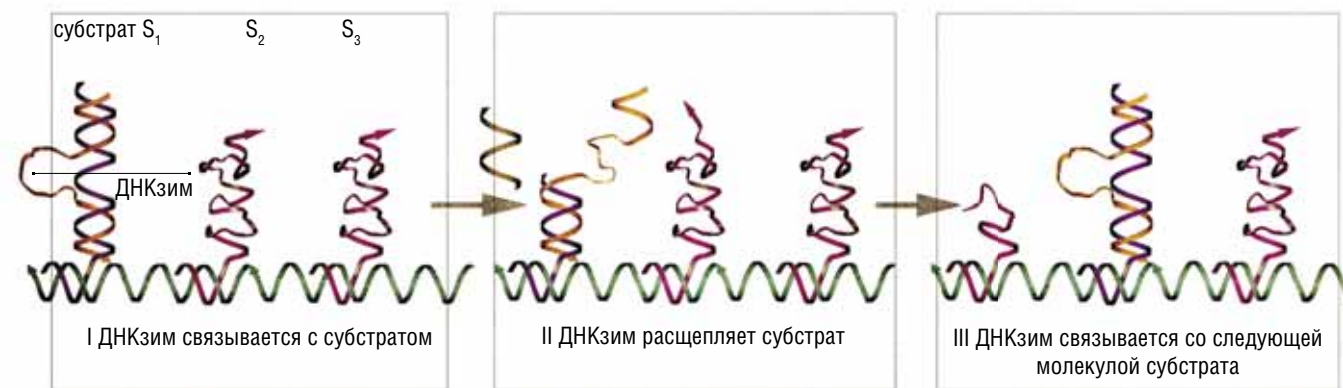
В 2005 г. сконструирован более сложный нанодвигатель, управляемый ДНКзимом «10-23», способный автономно перемещаться по определенной траектории, заданной олигонуклеотидной цепочкой. Подобные системы в будущем могут использоваться для транспортировки молекул-«грузов».

Молекулы нуклеиновых кислот служат потенциальной основой для создания еще ряда устройств и соединений. В так называемых *нанопереклечателях* используется способность двуцепочечной спирали нуклеиновых кислот менять свою конформацию под воздействием внешних факторов, например, при связывании со специфическими веществами-лигандами. Если такой чувствительный участок соединяет два элемента наноконструкции, то при добавлении лиганда конструкция перестраивается. Таким способом можно, например, менять уровень флуоресценции нанообъекта.

Современные возможности в области компьютерного моделирования и синтеза компонентов нуклеиновых кислот практически неограничены, что позволяет уже сейчас «строить» разнообразные причудливые супрамолекулярные фигуры, форма и предназначение которых ограничиваются лишь фантазией (Aldaye, Palmer, Sleiman, 2008)

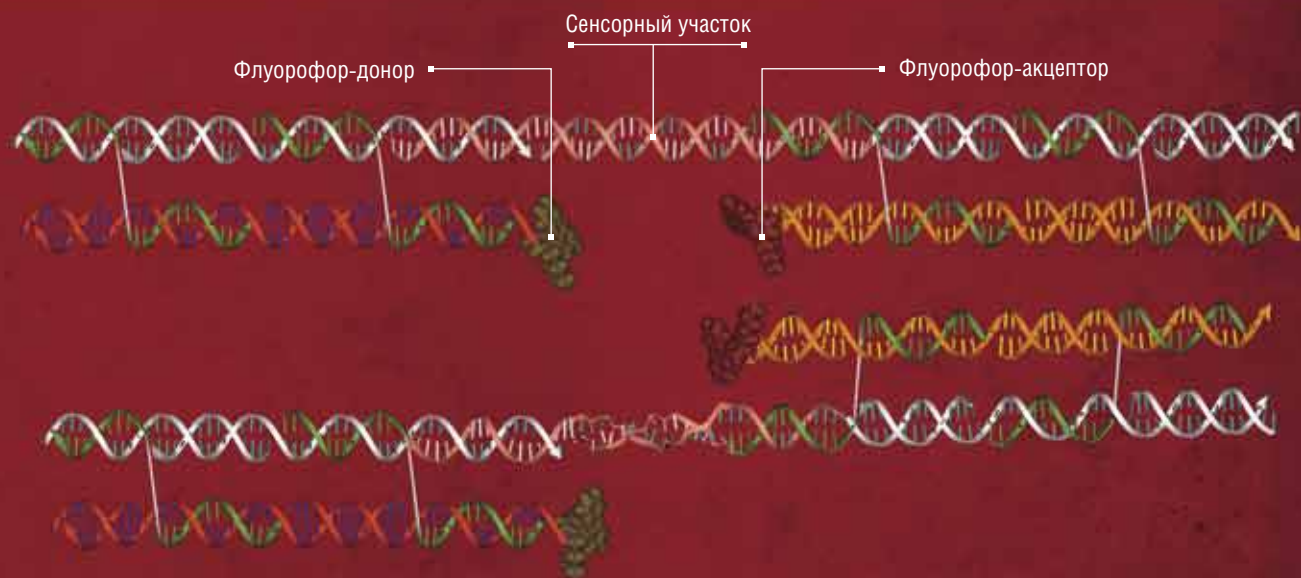
Наномотор на основе ДНКзима «10-23» представляет собой структуру из соединенных и сведенных вместе жестких спиральных стержней. Он работает на «топливе» — РНК-субстрате: химическая энергия ковалентных связей преобразуется в механические движения по сведению-разведению стержней. ДНКзим связывается с субстратом и расщепляет его на два продукта, которые затем высвобождаются из комплекса. Этот процесс сопровождается изменением конформации молекулы, в результате чего и совершаются движения.

Наномотор можно остановить и потом запустить вновь. Для этих целей существуют специально сконструированные олигонуклеотиды «тормоз» и «удаление». Цепь «тормоз» по строению очень схожа с субстратом-топливом, но представляет собой ДНК, которая не расщепляется ДНКзимом и «замыкает» мотор в инактивированном состоянии. Цепь «удаление» полностью комплементарна цепи «тормоз» и способна вытеснить последнюю из каталитического центра наномотора, тем самым вновь его запуская. По: (Chen, Wang, Mao, 2004)



Топливом для «шагающего» наномотора на основе ДНКзима «10-23» также служит РНК-субстрат, ряд молекул которого ($S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$) зафиксирован на определенном расстоянии друг от друга на общей матрице. Связавшись с одной из молекул субстрата, ДНКзим расщепляет его

по определенному участку. Часть разрушенной молекулы субстрата освобождается, что позволяет ДНКзиму «переползти» на новую близлежащую молекулу субстрата. Последнюю ждет та же участь, но результат налицо — направленное перемещение совершено. По: (Tian, He, Chen et al., 2005)



Нанопереклюатель состоит из жестко сочлененных нуклеотидных структур, соединенных в центральной части сенсорным фрагментом — участком, чувствительным к составу внешней среды. В исходном состоянии этот фрагмент находится в форме классической правозакрученной спирали. При этом пара флуорофоров, входящих в структуру переключателя, оказываются расположенными близко друг от друга, что обеспечивает FRET-зависимое свечение акцептора. При появлении в среде специфических веществ, связывающихся с сенсорным участком, его структура резко меняется: спираль переходит в левозакрученную форму. Такая перегруппировка структуры приводит к изменению спектра флуоресценции системы. Функция выполнена — сигнал подан

Рассматривая различные наноустройства, нельзя не упомянуть об *аптамерах* — уникальных молекулах, сконструированных на основе нуклеиновых кислот. Аптамер представляет собой трехмерную структуру-«ключ», специфично подходящую к «замку» — определенной молекуле-мишени. В результате их взаимодействия образуются прочные стабильные надмолекулярные комплексы. Благодаря этому можно обнаружить молекулы веществ даже в сверхмалых концентрациях. Аптамеры являются важными деталями бионаноконструктора, которые используются при разработке различных супрамолекулярных устройств, в том числе биосенсоров.

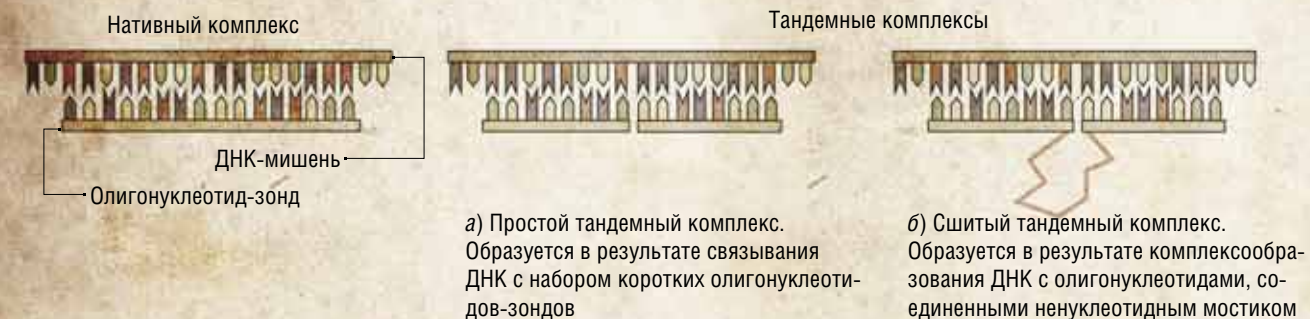
Диагностируем мутации

В то время как одни достижения бионанотехнологии пока следует рассматривать лишь как некие прототипы устройств отдаленного будущего (так, сегодня вряд ли можно найти достойную работу наномотору), другие незамедлительным образом внедряются в важнейшие

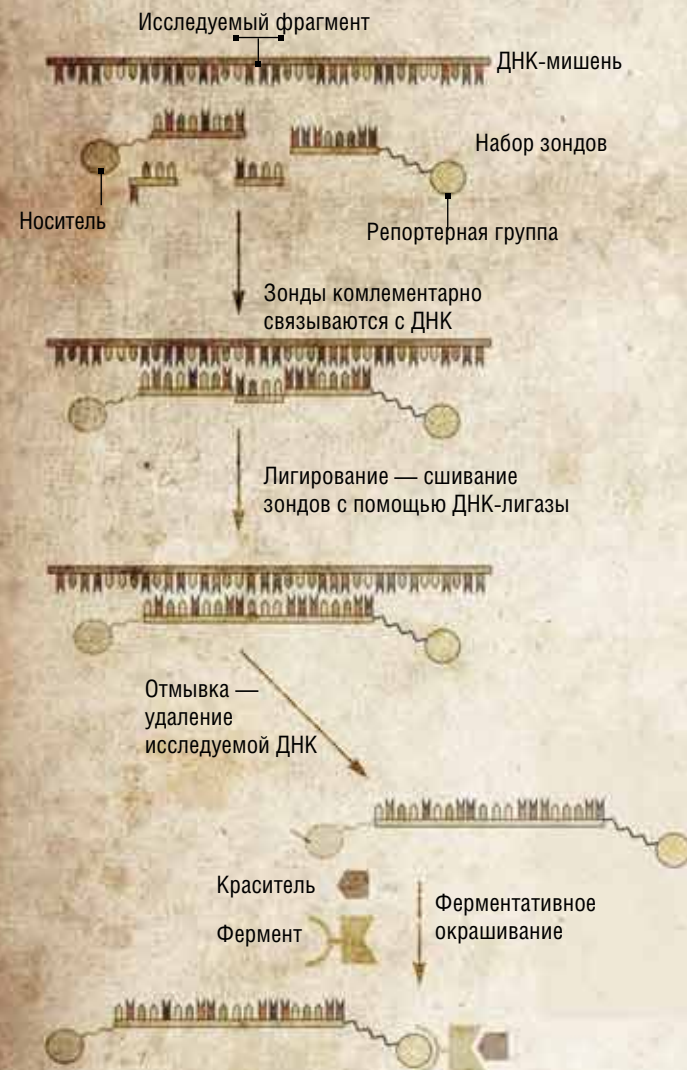
прикладные области, в частности, в медицинскую диагностику. В их числе — диагностические сенсоры на основе нуклеиновых кислот, часть которых разрабатывалась в последние полтора десятилетия в ИХБФМ СО РАН (Новосибирск). Назначение подобных конструкций — распознавать с высокой точностью целевые последовательности ДНК благодаря специфическому связыванию нанозондов с ДНК-мишенями.

Диагностические системы, предлагаемые новосибирскими биохимиками, представляют собой своего рода кассеты из наборов коротких синтетических фрагментов ДНК. Последние способны связываться с исследуемой ДНК, формируя так называемые *тандемные комплексы*.

В результате фундаментальных исследований этих комплексов удалось создать на их основе тест-системы для выявления точечных мутаций в ДНК. А ведь подобные мутации нередко являются причиной серьезных наследственных заболеваний, а также определяют патогенность различных штаммов микроорганизмов и вирусов.



Диагностические системы для детекции ДНК состоят из наборов коротких синтетических олигонуклеотидов, способных связываться с исследуемой одноцепочечной ДНК с формированием тандемных комплексов. Преимущество простого тандемного комплекса (а) — более высокая эффективность связывания отдельных олигонуклеотидов-зондов за счет кооперативных взаимодействий, возникающих при посадке таких зондов на соседних участках ДНК-мишени. Сшитый тандемный зонд (б) благодаря вставкам различной природы, ковалентно соединяющим олигонуклеотидные блоки, обладает такими свойствами, как способность к комплексообразованию, устойчивость/чувствительность к действию ферментов. *Разработка ИХБФМ СО РАН*



Метод высокоточного анализа генетического материала основан на ферментативном лигировании простого тандемного комплекса, образующегося при добавлении к исследуемой ДНК набора разных олигонуклеотидов-зондов. Лигирование (сшивание с помощью фермента ДНК-лигазы) трех коротких зондов (один из них «пришит» к твердотельному носителю, а другой несет репортерную группу) происходит только на полностью комплементарном участке цепи исследуемой ДНК. Основываясь на строении конкретного зонда, присоединившегося к исследуемому участку ДНК, можно выявить точечные мутации — последовательности ДНК, отличающиеся друг от друга лишь одним нуклеотидом. Визуализация результатов анализа достигается с помощью окрашивания продуктов ферментативных реакций. Это исключает необходимость использования дорогостоящей техники для регистрации результатов анализа. *Разработка ИХБФМ СО РАН*



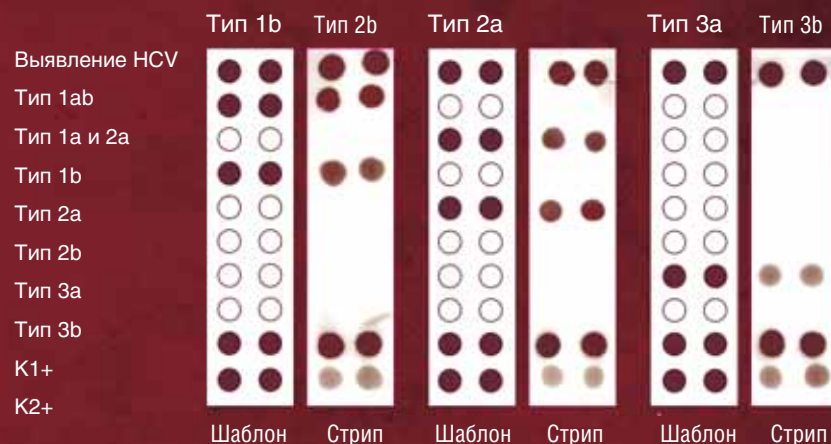
Носитель окрасился лишь в тех пробирках, где произошло комплементарное связывание исследуемой ДНК с конкретным набором молекул-зондов

Пример результатов генотипирования вируса гепатита С с помощью биочипа, позволяющего установить принадлежность вирусов из клинических проб к одному из шести диагностически значимых субтипов вируса: 1a, 1b, 2a, 2b, 3a, 3b.

Биочип изготовлен в виде капроновых полосок — «стрипов», несущих набор специфичных олигонуклеотидных зондов. Он позволяет провести параллельный анализ сразу нескольких участков в образце ДНК вируса. Сравнив с шаблоном изображение, полученное после проявления биочипа, можно классифицировать вирус, что дает возможность определить степень его опасности для пациента.

K1+ — контроль системы мечения зондов, K2+ — контроль системы выявления метки.

Фото Е. Дмитриенко (ИХБФМ СО РАН)



Разработанные в ИХБФМ СО РАН способы анализа структуры ДНК с использованием составных олигонуклеотидных конструкций в качестве специфических зондов признаны патентноспособными. На их основе уже разработаны тест-системы для выявления полиморфизма в различных локусах Y-хромосомы человека, точечной мутации в гене фенилаланингидроксилазы, а также для генотипирования различных вирусов

Кроме того, с помощью этих тест-систем можно выявить и другие локальные нарушения в ДНК-последовательностях, такие как потеря сегмента ДНК, олигонуклеотидные замены и т. п.

Еще одно перспективное направление использования материалов из арсенала бионанотехнологии в медицинской диагностике — создание новых типов нанозондов для современных методов количественного анализа ДНК, таких как метод «ПЦР в реальном времени» (*Real-time PCR*). Этот метод используется для детекции и одновременного определения количества молекул ДНК-мишени в образце.

Транспорт для лекарства

Важнейшая проблема в клинической практике — адресная доставка в клетки-мишени биологически активных макромолекул, таких как «терапевтические гены». Чтобы решить ее, необходимо обеспечить защиту этих препаратов во время транспорта и концентрирование их в определенных клетках.

Одно из основных препятствий для использования препаратов на основе нуклеиновых кислот — низкая эффективность их проникновения внутрь клеток, *трансфекции*. Проблема трансфекции обусловлена тем, что млекопитающие обладают рядом механизмов, препятствующих проникновению в них чужеродных молекул ДНК и РНК — генетического материала потенциально болезнетворных агентов (вирусов, бактерий и т. п.)

Вдобавок самим клеткам трудно захватывать нуклеиновые кислоты, находящиеся в свободном («раздетом», как говорят специалисты) состоянии, из-за наличия своеобразного электростатического барьера. Дело в том, что клеточная мембрана и сахарофосфатный остов молекул нуклеиновых кислот обладают одноименным — отрицательным — зарядом, вследствие чего между ними возникает электростатическое отталкивание.

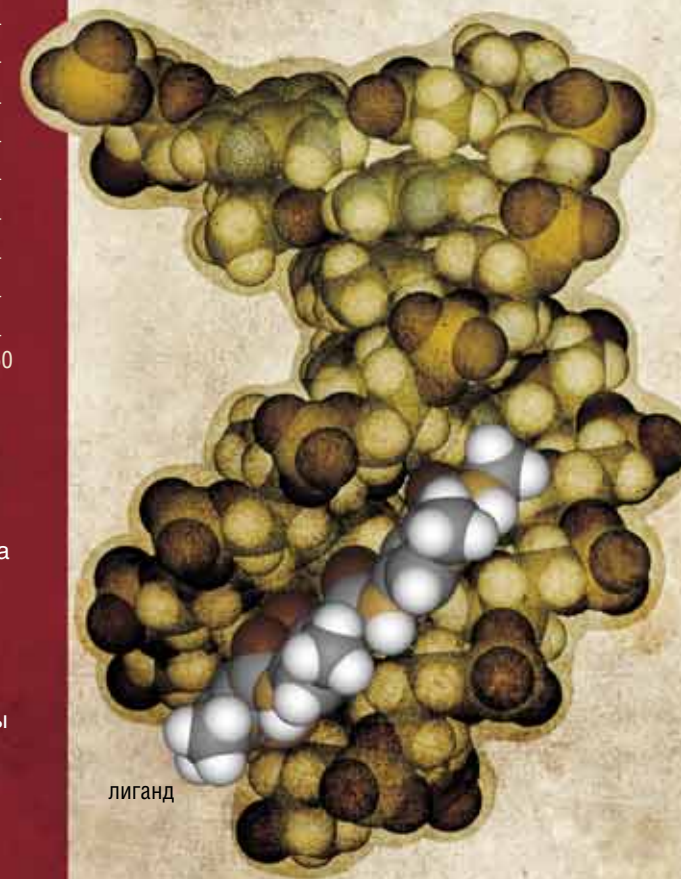
Транспорт в клетку протяженных нуклеиновых кислот осложняется еще и их относительно большим размером, жесткой пространственной структурой и



«Зримый» результат генотипирования образца вируса гепатита С (ВГС) с помощью метода «ПЦР в реальном времени», полученный при использовании ВГС-1a-специфичного TaqMan-зонда и фрагментов ДНК, соответствующих генотипам ВГС 1a и 1b.

Рост флуоресценции, отражающий степень разрушения ДНК-полимеразой зонда на комплементарной ДНК-матрице, свидетельствует о процессе копирования конкретной мишени. Зонды созданы на основе конъюгатов олигонуклеотидов с малобороздочным лигандом. ИХБФМ СО РАН

Справа — пример укладки малобороздочного лиганда в малой бороздке двойной спирали ДНК



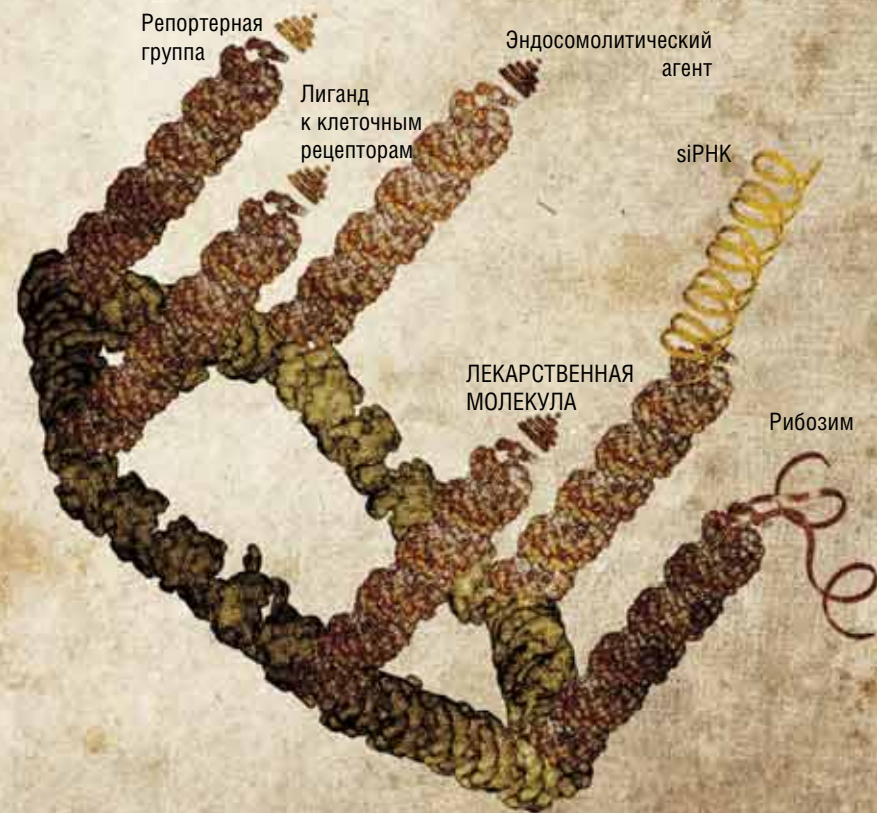
Зримые различия

На основе олигонуклеотидных зондов разработан точный и высокоэффективный метод «ПЦР в реальном времени» (*Real-Time PCR*), позволяющий не только детектировать ДНК-мишень, но и определять точное количество молекул этой мишени.

Суть обычной полимеразной цепной реакции (ПЦР) состоит в том, что на основе нуклеотидной последовательности первичной ДНК-матрицы с помощью фермента ДНК-полимеразы синтезируются цепи ДНК, служащие матрицами в следующем цикле копирования. В результате можно получить неограниченное число копий первичной ДНК. Метод «ПЦР в реальном времени» отличается тем, что позволяет определять количество ДНК по мере ее накопления в реакции. Наиболее перспективным является подход, основанный на использовании TaqMan-зондов. Они представляют собой олигонуклеотиды с флуоресцентной меткой на одном конце и «тушителем» флуоресценции — на другом, который

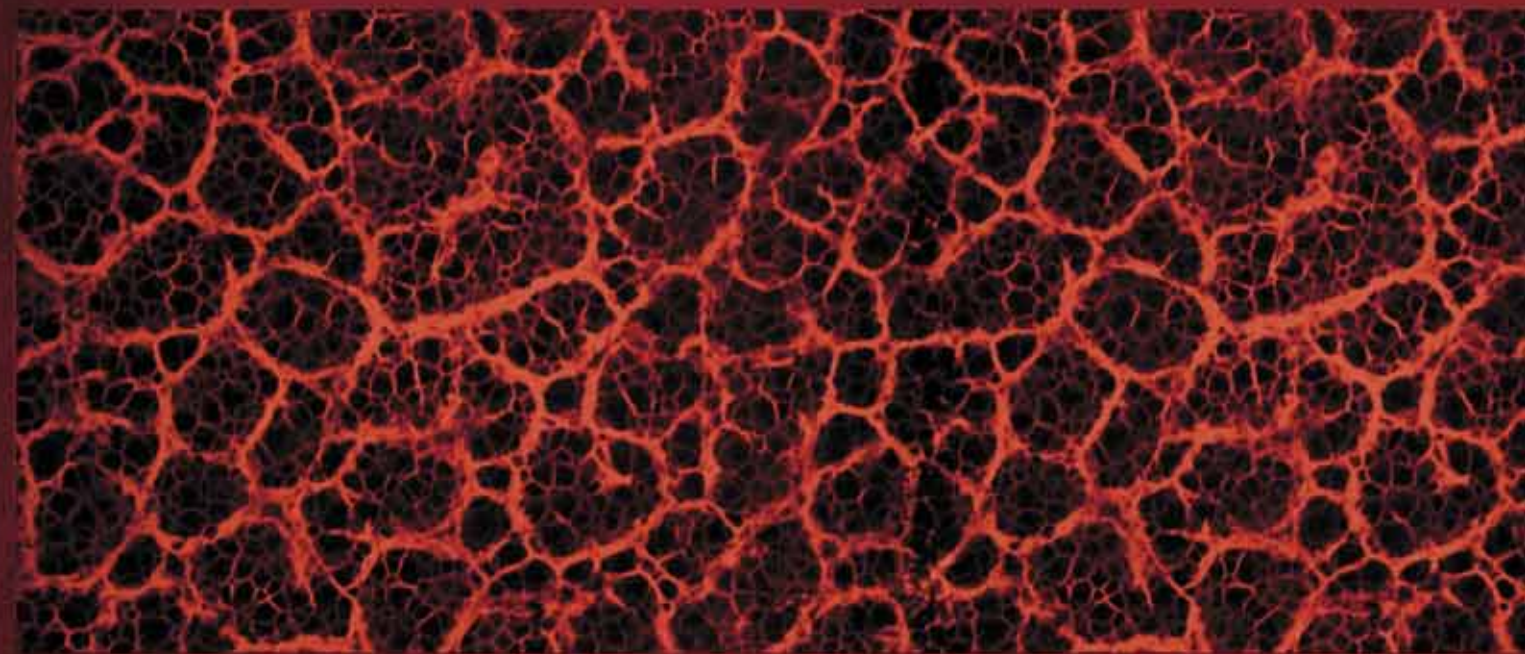
поглощает излучение от флуоресцентной метки, делая его незаметным для систем детекции. ДНК-полимераза обладает способностью разрушать фрагменты двухцепочечной структуры, встречающиеся ей по ходу синтеза второй цепи на матрице одноцепочечной ДНК. Та же участь постигает и TaqMan-зонды, которые комплементарно присоединяются к определенному участку ДНК-мишени. В результате разрушения зонда флуоресцентная метка отделяется от тушителя, что приводит к появлению регистрируемой флуоресценции.

Недостатком метода является его низкая чувствительность для распознавания ДНК-мишеней, отличающихся друг от друга всего одной заменой нуклеотида. Для решения этой проблемы в лаборатории медицинской химии ИХБФМ СО РАН предложено использовать в качестве зондов конъюгаты коротких олигодезоксирибонуклеотидов с малобороздочными лигандами — синтетическими молекулами, прочно связывающимися с двойной спиралью ДНК



Трехмерная модель-схема гипотетической полифункциональной наночастицы — гексамера молекулы РНК, несущей различные функциональные группы, которые обеспечивают адресную доставку конструкции в клетки-мишени; сигнализируют о доставке агента по адресу; определяют внутриклеточную локализацию конструкции; воздействуют на передачу генетической информации и другие биохимические процессы в клетках.

По: (Khaled, Guo et al., 2005)



Пример перспективных материалов для создания микро- и наноканальных мембран для биотехнологических целей, разработанных в Институте физики полупроводников СО РАН. Сканирующий электронный микроскоп. Результаты предоставлены к. ф.-м. н С. И. Романовым (ЦКП СО РАН «Наноструктуры», Новосибирск)

невысокой подвижностью в биологических жидкостях и цитоплазме клеток.

Методы трансфекции постоянно совершенствуются на протяжении уже более трех десятилетий. Наиболее современные из них основаны на использовании хитроумных конструкций на основе наноконструкций нуклеиновых кислот и их конъюгатов с органическими лигандами или наночастицами.

Некоторые встречающиеся в природе молекулы РНК обладают свойством формировать компактные молекулярные комплексы. Среди них φ29 — короткая (117 нуклеотидов) РНК бактериофага, участвующая в упаковке его ДНК-генома в белковую оболочку. На основе этой РНК сконструированы наночастицы так называемой «упаковочной» рRNA («packing RNA»). Благодаря образованию водородных связей между отдельными доменами она может путем самосборки образовывать димеры, тримеры и гексамеры размерами до 10–30 нм (Shu, Huang et al., 2003; Khaled, Guo, Li et al., 2005).

Такие комплексы рRNA служат в качестве упаковывающего каркаса для «терапевтических» молекул нуклеиновых кислот. Их удастся еще дополнительно «функционализировать», как говорят биологи, — путем присоединения различных функциональных группировок задать адрес доставки и клеточное назначение. Это могут быть так называемые *репортерные группы*, позво-

ляющие контролировать эффективность трансфекции; генонправленные молекулы (рибозимы, малые siРНК), нарушающие выполнение определенных генетических клеточных программ; лиганды клеточных рецепторов и мембранных белков, определяющие адресованный захват наноконструкции клетками-мишенями.

Примером такой адресующей группировки может служить всем известный фолат (фолиевая кислота, витамин B₉). Рецепторы к нему обычно отсутствуют на поверхности нормальных дифференцированных тканевых клеток, но во множестве присутствуют на поверхности клеток различных опухолей. В результате остаток фолата, присоединенный к наноконструкции, должен обеспечить ее доставку преимущественно в раковые клетки.

Эксперименты по доставке подобных рRNA-комплексов, несущих биологически активный олигонуклеотид (рибозим или интерферирующую siРНК), показали, что они эффективно проникают в опухолевые клетки, имеющие фолатные рецепторы, где и подавляют работу генов-мишеней.

Поскольку рRNA-молекула способна образовывать гексамерные комплексы, то можно увеличить ее функциональность путем присоединения к ней до шести различных субъединиц. В результате селективность и эффективность терапевтической наноконструкции могут значительно возрасти.

Самосборка наночастиц на основе рRNA является контролируемым процессом, что дает возможность определять их размер путем манипуляции со структурными доменами. Димеры и тримеры рRNA образуют частицы размером 20–40 нм. Подобные структуры достаточно крупны, чтобы исключить их быстрое выведение из циркулирующей крови, но при этом не достигают критического (более 100 нм) размера, когда проникновение комплексов в клетки затрудняется.

Холестериновый посыльный

Другой подход к решению проблемы доставки терапевтических нуклеотидных последовательностей в клетку состоит в повышении эффективности их естественного транспорта через клеточную мембрану. Этот подход основан на формировании различных супрамолекулярных структур.

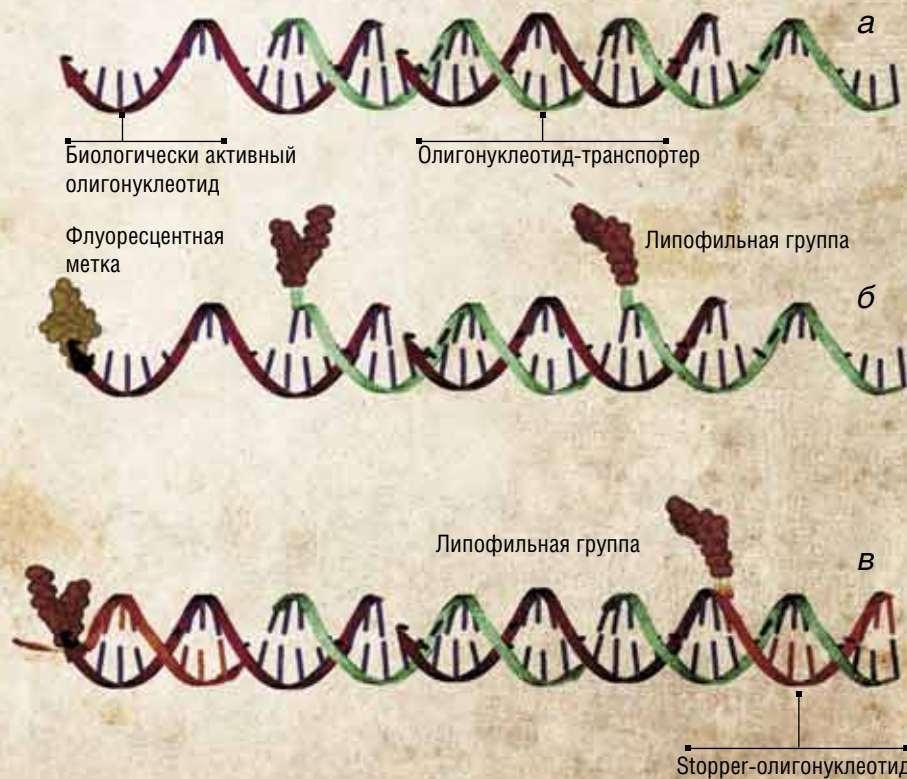
В частности, протяженные олигонуклеотидные наноконструкции, созданные в ИХБФМ СОРАН, активнее проникают в клетки разного тканевого происхождения из-за своего повышенного сродства к фосфолипидным мембранам клеток.

Эти наноконструкции представляют собой конкатамерные комплексы, т. е. длинные двуцепочечные молекулы ДНК с перекрывающимися комплементарными

нуклеотидными последовательностями. Одна из цепей представляет собой биологически активную молекулу, которую надо доставить в клетку (адресная молекула); другая цепь — молекулу-транспортёр (Gusachenko et al., 2008).

В качестве функциональной группировки в состав олигонуклеотидов-транспортёров вводят липофильный остаток холестерина, который способствует транспорту конструкции в клетку благодаря сродству с фосфолипидной клеточной мембраной. Нужно отметить, что функциональные группировки при этом присоединяют к транспортёру, а не к терапевтической молекуле, что позволяет сохранить высокую биологическую активность последней.

Проблема адресной доставки лекарства к органам- и клеткам-мишеням — одна из центральных в современной медицине. Бионанотехнологи создают на основе нуклеиновых кислот конструкции, способные нести сразу несколько функциональных групп, благодаря которым они успешно преодолевают барьеры на пути транспорта биологически активных молекул

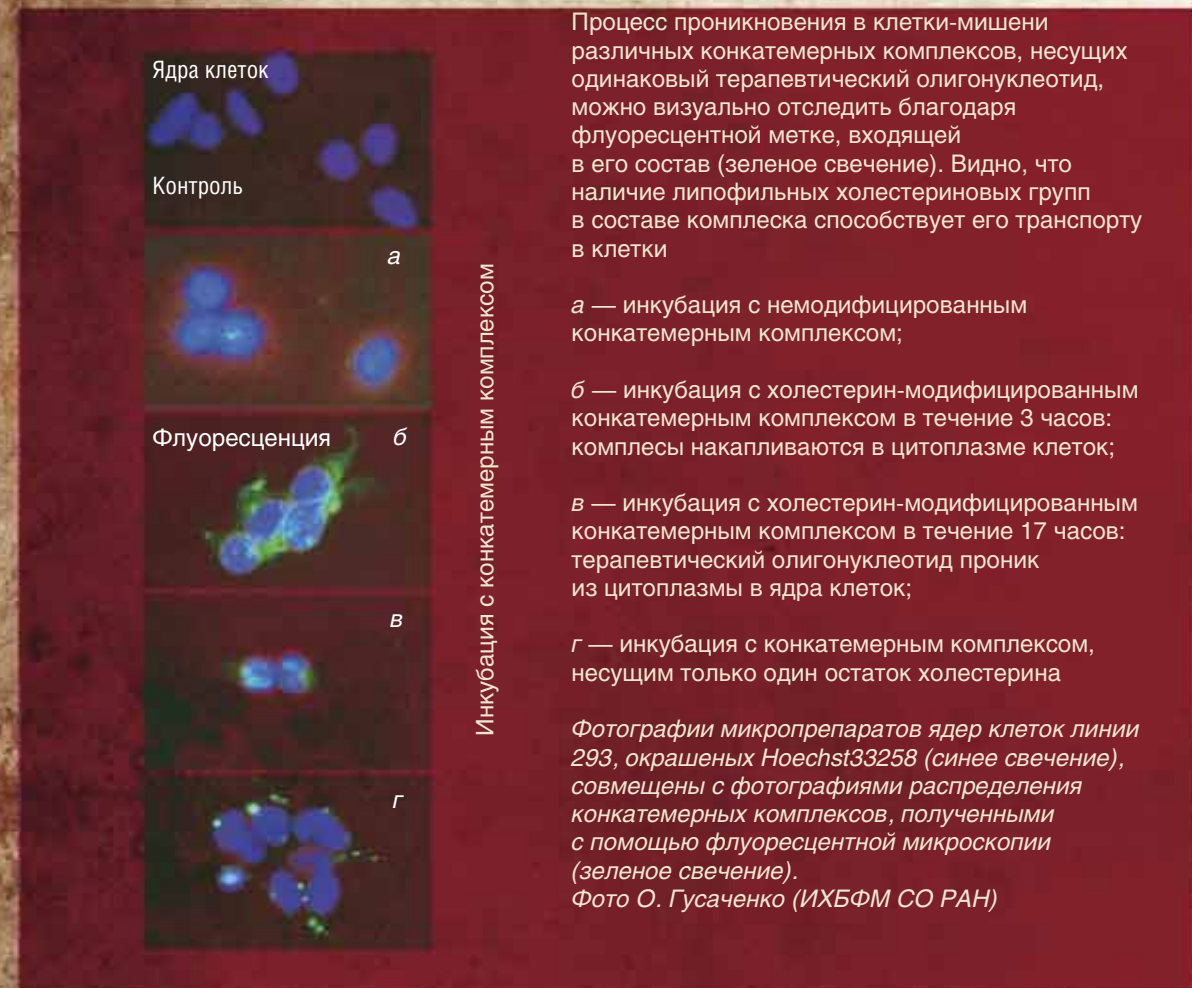


Для доставки в клетку терапевтических форм нуклеиновых кислот используются конкатемерный комплекс. Разные типы комплексов создаются по единому принципу: первая цепь комплекса — биологически активный олигонуклеотид, который необходимо доставить внутрь клетки; последовательность второй цепи (транспортера) комплементарна и антипараллельна первой

а — немодифицированный конкатемер;

б — конкатемер, содержащий на разных цепях репортерную флуоресцентную группу и липофильные холестериновые группы, облегчающие транспорт через клеточную мембрану;

в — немодифицированный конкатемер, гибридный с липофильно-модифицированным stopper-олигонуклеотидом



Инкубация с конкатемерным комплексом

Процесс проникновения в клетки-мишени различных конкатемерных комплексов, несущих одинаковый терапевтический олигонуклеотид, можно визуально отследить благодаря флуоресцентной метке, входящей в его состав (зеленое свечение). Видно, что наличие липофильных холестериновых групп в составе комплекса способствует его транспорту в клетки

а — инкубация с немодифицированным конкатемерным комплексом;

б — инкубация с холестерин-модифицированным конкатемерным комплексом в течение 3 часов: комплексы накапливаются в цитоплазме клеток;

в — инкубация с холестерин-модифицированным конкатемерным комплексом в течение 17 часов: терапевтический олигонуклеотид проник из цитоплазмы в ядра клеток;

г — инкубация с конкатемерным комплексом, несущим только один остаток холестерина

Фотографии микропрепаратов ядер клеток линии 293, окрашенных Hoechst33258 (синее свечение), совмещены с фотографиями распределения конкатемерных комплексов, полученными с помощью флуоресцентной микроскопии (зеленое свечение).
Фото О. Гусаченко (ИХБФМ СО РАН)

Эта система доставки была испытана в экспериментах по транспорту так называемого *антисмыслового олигонуклеотида*, который вызывает выключение гена, кодирующего зеленый флуоресцирующий белок. В клетках, постоянно синтезирующих этот белок и обладающих благодаря этому зеленой флуоресценцией, такой наноконкомплекс вызывал снижение флуоресценции до 30%. Это свидетельствует о том, что антисмысловый олигонуклеотид проник в клетки и специфически подавил работу гена, кодирующего флуоресцирующий белок.

Кооперация и интеграция специалистов и проектов — залог успеха современных бионанотехнологических исследований. Эти принципы успешно реализуются в Сибирском отделении РАН

Сегодня большинство разработок в области бионанотехнологии реализуется в рамках междисциплинарных проектов. Для того, чтобы добиться успеха, принципиально необходимо тесное сотрудничество исследовательских организаций различного профиля.

В связи с этим нельзя не отметить совместные разработки новосибирских биохимиков и специалистов из Института физики полупроводников СО РАН, в распоряжении которых имеются уникальные микро- и нанопористые мембраны на основе кремния. Эти материалы являются перспективными платформами как для разработки современных биосенсорных устройств и проведения ДНК-диагностических исследований, так и для ультраселективного выделения клеток-мишеней.

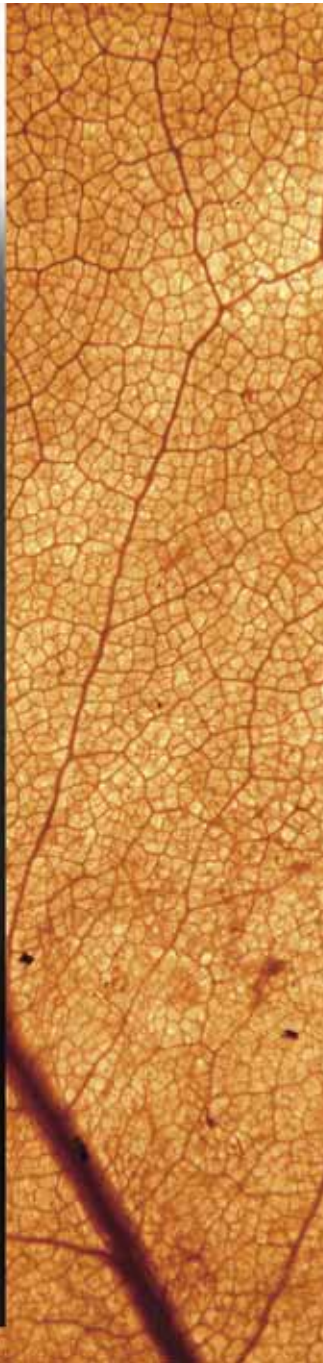
Другим междисциплинарным проектом является разработка микро- и нанофлюидных устройств для амплификации (умножения) и анализа нуклеиновых кислот, которая проводится совместно со специалистами Института катализа СО РАН.

Кроме того, ряд институтов Сибирского отделения, работающих в областях химии, физики и даже петрографии, готовы предоставить ценные для развития бионанотехнологии объекты: нанопорошки (наносферы, нанотрубки, квантовые точки) и наноканальные материалы.

Возможность такого сотрудничества в области материалов и технологий в рамках интеграционных проектов Сибирского отделения РАН открывает перспективу создания у нас высокотехнологичных интеллектуальных биосенсоров и «умных» лекарственных препаратов, которые будут определять лицо медицины и биотехнологии завтрашнего дня.

Литература:

- Aldaye F.A., Palmer A.L., Sleiman H.F. *Assembling Materials with DNA as the Guide* // *Science*. — 2008. — V. 321. — P. 1795—1799.
- Chen Y., Wang M., Mao C. *An autonomous DNA nanomotor powered by a DNA enzyme* // *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* — 2004. — V. 43. — P. 3554—3557.
- Gusachenko (Simonova) O.N., Pyshnyi D. V., Vlassov V. V., Zenkova M. A. *Modified concatemeric oligonucleotide complexes: new system for efficient oligonucleotide transfer into mammalian cells* // *Hum. Gene. Ther.* — 2008. — V. 19. — P. 532—546.
- Khaled A., Guo S., Li F., Guo P. *Controllable self-assembly of nanoparticles for specific delivery of multiple therapeutic molecules to cancer cells using RNA nanotechnology* // *Nano Lett.* — 2005. — V. 5. — P. 1797—1808.
- Shu D., Huang L. P., Hoeplich S., Guo P. *Construction of phi29 DNA-packaging RNA monomers, dimers, and trimers with variable sizes and shapes as potential parts for nanodevices* // *J. Nanosci. Nanotechnol.* — 2003. — V. 3. — P. 295—302.
- Simmel F. C., Dittmer W. U. *DNA Nanodevices* // *Small*. — 2005. — V. 1, N. 3. — P. 284—299.
- Tian Y., He Y., Chen Y. et al. *DNAzyme that walks processively and autonomously along a one-dimensional track* // *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* — 2005. — V.44. — P. 4355—4358.



Признание не обошло его при жизни: академик С. А. Христианович был удостоен высших наград Родины, в том числе звания Героя Социалистического Труда, шести орденов Ленина, трех Сталинских и трех Государственных премий, премии им. Н. Е. Жуковского. Но, пожалуй, самой дорогой наградой ученому стало признание людей, с которыми ему довелось встречаться и работать на протяжении долгой плодотворной жизни. «Гений», «Великий механик», «человек-легенда» — так называли его современники. И так называют его сегодня последователи, ученики его учеников. Краткий официальный послужной список Христиановича занимает немалое место в Большой советской энциклопедии. При первом знакомстве с фактами его биографии непосвященному человеку кажется невероятной ширина научного кругозора и масштабность задач, за которые он брался. Вся жизнь Христиановича, добивавшегося поразительных результатов на всех поприщах, служит опровержением бытующего мнения, что в эпоху научно-технического прогресса нет места «универсальным гениям».

Данью памяти великому ученому стали книги, изданные к его юбилею силами новосибирского Института теоретической и прикладной механики СО РАН, основателем которого был С. А. Христианович, и московского Центрального аэрогидродинамического института (ЦАГИ), где Христианович более пятнадцати лет работал над созданием сверхзвуковой авиации. В эти «коллективные мемуары» вошли воспоминания многих видных ученых, бывших его учеников и коллег, а также его друзей и близких. И пусть каждый свидетель по-своему оценивает события, произошедшие много лет назад, но живое и эмоциональное восприятие современников дает возможность приблизиться к исторической достоверности в оценках деятельности этой ставшей уже легендарной личности.

Благодаря огромной работе, проделанной авторами и составителями юбилейных книг, мы можем сегодня познакомить наших читателей с жизнью и творчеством ученого, используя фрагменты из опубликованных воспоминаний, комментариев, а также автобиографии самого «Великого механика XX века»

Академик Христианович:

Ученый, Инженер, Человек

Девятого ноября 2008 г. исполнилось 100 лет со дня рождения выдающегося российского ученого С. А. Христиановича

ИЗ АВТОБИОГРАФИИ С. А. Христиановича

СЕРГЕЙ АЛЕКСЕЕВИЧ ХРИСТИАНОВИЧ. Выдающийся механик XX века / Отв. ред. В. М. Фомин, А. М. Харитонов; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т теорет. и прикл. механики им. С. А. Христиановича. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2008. — 356 с. Ил., пер. ISBN 978-5-9747-0126-9

АКАДЕМИК С. А. ХРИСТИАНОВИЧ / Ред.-сост. Г. С. Бюшгенс; ФГУП Центральный аэрогидродинамический ин-т им. проф. Н. Е. Жуковского М.: Наука, 2008. — 439 с. Ил., пер. ISBN 978-5-02-036643-5

О себе, науке и ученых*

Детство его начиналось счастливо. Классическое домашнее воспитание в дворянском «гнезде» в Орловской губернии, любящие домочадцы, отец — юрист... Дальнейшая жизнь этого типичного представителя русской интеллигенции была предопределена: гимназия, университет... Это будущее, как и у тысяч его сверстников, перечеркнула революция. И, казалось, безвозвратно: в 12 лет сирота-беспризорник торговал сигаретами на улицах Ростова. А потом началась цепь, как он сам отмечает, «счастливых случайностей»: встреча с родственниками и будущим опекуном, советская школа, в 16 лет — университет и, также «случайно», — физико-математический факультет. Но за этим многочисленными «случаями» уже отчетливо просматривалась незаурядная личность, наперекор обстоятельствам выстраивающая нарушенную линию своей судьбы

...Я до этого нигде, в общем, не учился систематически. У меня, когда мы жили в деревне, были преподаватели, бонна была. Занимался французским и немецким языками. В гимназию я провалился. ...После уже восемнадцатого года у одной очень милой пожилой преподавательницы брал уроки русского языка и арифметики...

...Техникум это был или училище морского флота? Я проучился там всего осенний семестр. Я ничего не знал. Я даже не понимаю, как я туда поступил. Потом получил письмо от своей тетки из Ленинграда, которая звала меня приехать на каникулы, благо у меня был бесплатный билет, как у учащегося. Я туда поехал, заболел там малярией и остался...

Я тут же поступил в шестнадцатую советскую школу первой ступени, в пятый класс, весной. ...Эту школу закончил довольно быстро, перешагнув через класс.

* Цит. по кн. Сергей Алексеевич Христианович. Выдающийся механик XX века. — 2008, с. 19—39.

...Поздней осенью, когда прием в университете уже был закончен, ...меня зачислили на антропологическое отделение географического факультета, потому что никаких других мест не было. Но вскоре я обменялся с одним астрономом и таким образом попал на физико-математический факультет, на отделение математики.

Надо сказать, что этот выбор был, в общем, случайным. Я, скорее, интересовался биологией, и если кто-то раньше предложил бы мне поменяться на какой-нибудь естественный факультет — физики, химии, биологии — то, конечно, я не стал бы математиком.

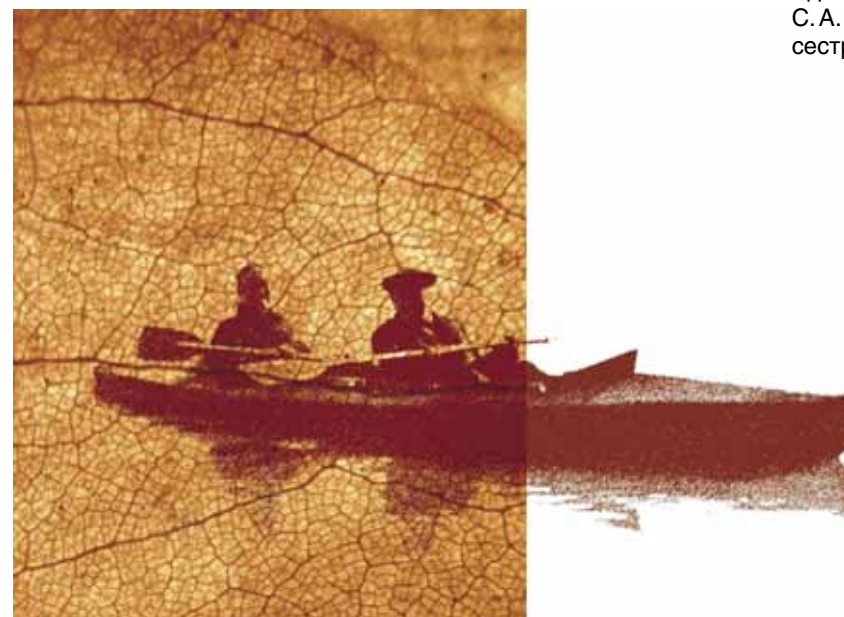
...Гидрологический институт занимался огромной проблемой: составлением водного кадастра, то есть описанием всех вод Советского Союза, расходов рек, грунтовыми водами, и это была работа не только описательная, географическая. В этом институте работали видные химики, биологи. Я поступил в гидравлико-математический отдел. Там тоже работали совершенно незаурядные люди, которые, в общем, и научили меня применению математики к жизненно важным задачам.



Единственная, чудом уцелевшая детская фотография С. А. Христиановича вместе с матерью, старшей сестрой и бонной

...Мне дали задачу, связанную с проектом каскада Волжских станций... Тогда уже об этом думали и составляли проект этих станций. Думали о том, что будет с осетрами, если построят плотины, и как надо регулировать сток реки, чтобы избежать каких-нибудь неприятностей. Такая задача была связана с неустановившимся движением. Если, скажем, открыть створ плотины очень широко, или если по каким-либо причинам плотина разрушится, то огромная масса воды, задержанная ранее плотиной, может затопить ниже лежащие города.

Так как я был математиком, то помимо ознакомления с инженерной частью





1942 г. С. А. Христианович на заседании Ученого Совета ЦАГИ



Гвардейские минометы «Катюша» и «Андрюша», вооруженные реактивными снарядами М-13 и М-31



«...Расскажу еще об одной работе, которая оказалась полезной непосредственно на фронте. ...Ракетные снаряды «катюш» обладали одним, но значительным недостатком — они очень разбрасывались при стрельбе. ...Для создания нужной плотности поражения требовалось очень много снарядов и большое число установок. ...Решить проблему надо было немедленно, иначе пришлось бы снять их с вооружения, остановить их производство, потому что были слишком большие расходы металла. ... Моим товарищам и мне удалось выяснить, из-за чего происходит разброс, провести на довольно простом оборудовании опыты и предложить техническое решение — очень простое — для увеличения кучности этих снарядов. И уже с сорок третьего года на вооружение пошли усовершенствованные нами снаряды» (С. А. Христианович)

«По гидравлике открытых русел С. А. Христианович написал ряд работ, в которых решает все важнейшие для техники задачи в этой области. Отказавшись от старых приемов расчета, механически заимствованных из других разделов прикладной математики, он строит заново всю методику расчета и решает задачи о длинных волнах, идущих в одном направлении, об отражении таких волн от различного рода границ раздела, о волнах, возникающих при разрушении преграды, об образовании так называемых сильных разрывов или опрокидывании волн, о волнах в туннеле и т. п.

Предложенные им методы замечательны своей простотой и изяществом, превосходя по точности все, что было сделано до него. Благодаря этому они быстро становятся достоянием широких инженерных кругов. Так, именно его методы были положены в основу расчета при проектировании гидростанций Нева III, Ангара, Иртыш, Куйбышев, Свирь III и других».

(С. Соболев, «Правда». 29.08. 1943 г.)
 По: (кн. Сергей Алексеевич Христианович. Выдающийся механик XX века. — 2008)

проблемы начал разрабатывать методы расчета... Я начал с изучения задач, связанных с интегрированием нелинейных дифференциальных уравнений гиперболического типа. Надо сказать, что тогда это было совершенно новой задачей, которой занимались очень видные ученые. Но они занимались распространением волн в газе, движением воздуха при сверхзвуковых скоростях. Однако оказалось, что это совершенно аналогичные по математическому аппарату задачи, и мне удалось разобраться там в целом ряде вопросов...

...Хотя в Ленинграде я, как говорится, процветал, то есть довольно много зарабатывал, подавал надежды как ученый, я все бросил, переехал в Москву и стал учиться снова. Учиться и работать в Математическом институте.

...Годы работы в Математическом институте были очень плодотворными. Я успел сделать очень много. Больше, чем потом когда-либо за такой короткий срок. Я занимался теорией пластичности, затем нелинейной фильтрацией грунтовых вод, начал изучать вопросы механики полета при больших скоростях. Поэтому с тридцать седьмого года я стал ходить на семинар

ЦАГИ и два дня проводил там за работой, изучая основы газовой динамики и аэродинамики самолета.

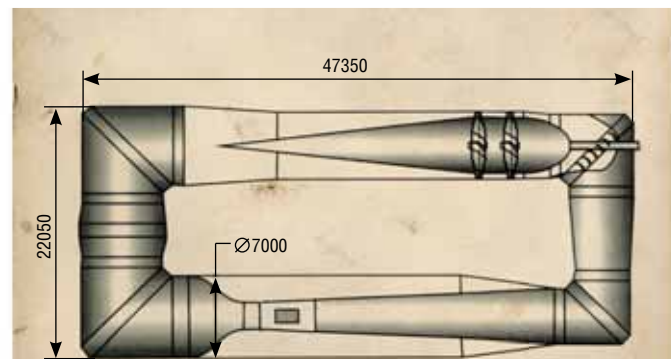
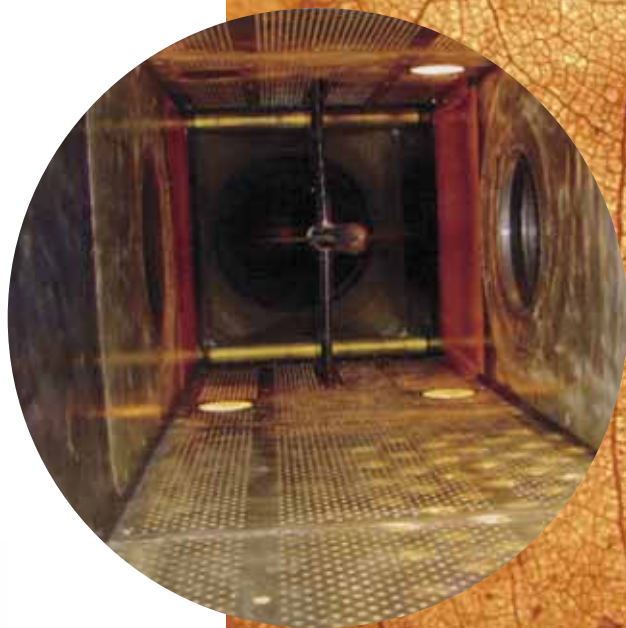
В тридцать седьмом году я закончил докторантуру, защитил сразу две диссертации... Но я почувствовал, что никакой я не математик, хотя у меня были идеи, были удачи, но я не был по складу ума математиком. Меня влекло к физическим задачам, к инженерным делам, мне нравились проблемы механики, эксперименты. Мне не хватало памяти, усидчивости для того, чтобы овладеть непрерывной тренировкой аппарата, который требуется от математика, не хватало любви к уединению, которое необходимо. Поэтому я не стал математиком.

«В тридцать девятом году меня выбрали членом-корреспондентом Академии наук по Техническому отделению, в сущности, за работы по гидрологии, по теоретической гидрологии». Вот так просто объясняет ученый достаточно редкий в научной среде факт: его избрали в Академию наук в возрасте тридцати лет! Для многих это было бы вершиной карьеры, для него — лишь полустанок в начале длинного пути.



«Именно он (С. А. Христианович — прим. ред.) предложил и взял на себя всю ответственность за перфорацию единственной в стране аэродинамической трубы, в которой можно было испытывать самолеты. Перфорация стенок рабочей части трансзвуковых аэродинамических труб позволила преодолеть звуковой барьер. Авторитет Сергея Алексеевича позволил убедить Андрея Николаевича Туполева, который вначале решительно возражал против перфорации».

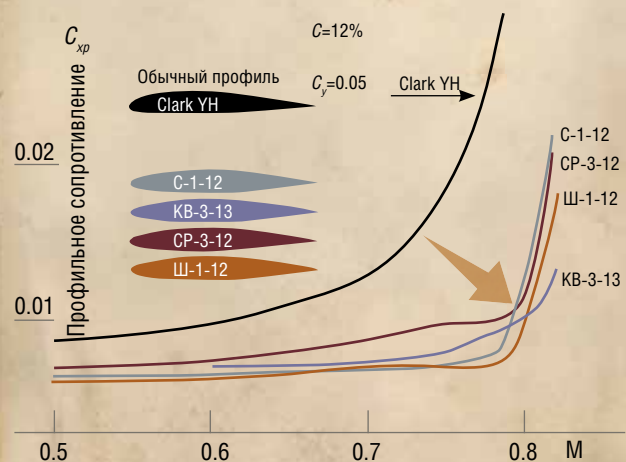
(проф. Г. Баренблатт, Университет Беркли, Калифорния, США).
По: (кн. Сергей Алексеевич Христианович. Выдающийся механик XX века, 2008)



Перфорация стенок рабочей части сверхзвуковой аэродинамической трубы Т-112 позволила достичь плавного перехода через скорость звука

К этому времени дважды доктор наук (физико-математических и технических) уже отчетливо понимал, что его истинное призвание — не «чистая» математика. Его влекли эксперименты, «живые» установки, которые можно «пощупать руками», влекла, в конце концов, романтика больших скоростей... Война была близка, и на авиацию возлагались большие надежды: молодого членкора ждало новое, реформированное ЦАГИ

Аэродинамический контур трубы Т-106 — первой и основной промышленной установки больших дозвуковых скоростей ЦАГИ, построенной под руководством С. А. Христиановича



Скоростные профили, созданные в ЦАГИ в 1945—1946 гг., характеризовались значительно меньшим аэродинамическим сопротивлением

...Я тогда еще был очень молод, совершенно пустяковое количество лет. А он (генерал И. Ф. Петров, директор ЦАГИ — прим. ред.) мне предложил быть руководителем, начальником шестой лаборатории ЦАГИ, где строилась тогда совершенно уникальная не только в Советском Союзе, но и во всем мире, труба больших скоростей — околозвуковых, переменной плотности.

...В сороковом году была опубликована моя первая работа в трудах ЦАГИ, в основе которой лежал метод Сергея Алексеевича Чаплыгина. В общем, была решена задача обтекания профиля крыла при больших скоростях, уже приближавшихся к скорости звука. ...С этой работы началась моя работа в авиации.

...К началу войны мы имели исключительную экспериментальную базу — такой не было у немцев. ...Вот в этих трубах и в лаборатории прочности фактически были доведены наши новые самолеты, которые поступали на вооружение к началу войны.

«Областью, где С. А. Христиановичу принадлежит ряд блестящих результатов, является газовая динамика. Им дано решение исключительно важных основоположных задач в этой области науки. Явления, происходящие при обтекании газовым потоком какого-либо тела, например, при обтекании крыла или фюзеляжа самолета или обтекании лопасти воздушного винта потоком воздуха, носят различный характер в зависимости от скорости набегающего потока по отношению к рассматриваемому телу. При скоростях, много меньших, чем скорость распространения звука в газе, это обтекание происходит так, как если бы вместо газа мы имели какую-то несжимаемую жидкость, например воду. Задача о таком обтекании со времени Н. Е. Жуковского может считаться решенной. Другой характер приобретает газовый поток, если обтекаемое тело имеет относительную скорость, близкую к звуковой. Если относительная скорость потока и тела больше звуковой, явление резко изменяется. В промежутке между тем и другим случаем обтекание происходит при «критическом» режиме, при котором часть газа движется со скоростью, большей звуковой, а другая часть — с меньшей.

Им есть что вспомнить... С. А. Христианович и создатель первого отечественного турбореактивного авиационного двигателя А. М. Льюлька

Зарубежная наука шла по пути упрощенной трактовки явлений, происходящих при обтекании газом тел с большими скоростями. Обычно при расчетах пренебрегали толщиной изучаемого тела, например толщиной крыла или лопасти винта. Первым ученым, который внес существенно новые методы и начал изучать явления без грубых упрощений, был С. А. Чаплыгин, создавший замечательную теорию газовых струй для дозвуковых скоростей. Однако лишь С. А. Христиановичу удалось решить полностью задачу об обтекании тела газовым потоком при большой дозвуковой скорости для самых важных случаев: крыла и тела вращения. Как и в работах по гидравлике открытых русел, этот существенный успех был достигнут С. А. Христиановичем с помощью изящного нового математического аппарата, определяющего движение такого газа. <...> Результатом этой работы стал метод расчета того лобового сопротивления, которое данное крыло испытывает в воздухе и которое определяет скорость, которую может достигнуть самолет. Прекрасное согласование с опытом подтвердило полностью правильность теории С. А. Христиановича». (С. Соболев, «Правда». 29.08.1943 г.)



В поездке к месту строительства будущего новосибирского Академгородка вместе с Н. Н. Ворожцовым и С. С. Ковальским. 1957 г.

Конечно, во время войны сделать что-то совершенно новое трудно: нужно время, для того чтобы от научных идей, от теории, от оборудования перейти к реальным конструкциям. ...Люди работали и день, и ночь, но в основе уже имелся фундаментальный материал. А во время войны ученые занимались подготовкой к реактивной авиации, перспективой. ...Это многим казалось странным и даже преступным. Вот здесь была видна пронизательность правительства, которое понимало, что надо думать о том, что будет после войны. Нужно создавать научные основы реактивной авиации, авиации звуковых и сверхзвуковых скоростей. Казалось, мы занимались делом, не имеющим непосредственного отношения к военным действиям того времени. Во всяком случае, та лаборатория, которой я руководил.

...Всорок третьем году начала полностью работать наша большая аэродинамическая труба. Когда мы ее начали

налаживать, то обнаружили много новых явлений, о которых раньше и не подозревали. Пришлось создать специально новую теорию и затем очень много переделать в креплении, в оборудовании, для того чтобы получать правильные результаты. И все-таки в трубе нельзя было получить достоверные результаты при скоростях, больших примерно 0,8 скорости звука, а все, что происходило при приближении к скорости звука, по-прежнему оставалось тайной.

Тогда ходили легенды по этому поводу. Говорили о звуковом барьере, который разбивались самолеты... Я думаю, что одно из самых главных достижений, которые были сделаны в это время в ЦАГИ, — нахождение способов создания специальной аэродинамической трубы, в которой можно было бы проводить опыты при трансзвуковых скоростях, как теперь говорят. Надо сказать, что никто во всём мире этого делать не умел.

...Аэродинамическая труба была построена, и в сорок седьмом году мы получили результаты больших испытаний. ...Сейчас, если мы посмотрим в небо, увидим стреловидные, треугольные, какие-то совершенно



Основатели Сибирского отделения — академики С. А. Христианович, С. Л. Соболев, М. А. Лаврентьев — и академик А. А. Трофимук обсуждают генеральный план строительства Академгородка

«Сергей Алексеевич не был очень общительным человеком, но друзья у него были, хотя далеко не сразу деловые отношения переходили в дружбу домами. Чаще всего его друзьями становились люди, обладавшие теми же качествами, какие были присущи ему самому — с творческой одержимостью и чувством юмора.

Так случилось, что двое из них — Сергей Львович Соболев — товарищ со студенческих лет и Михаил Алексеевич Лаврентьев, с которым вместе работали в Математическом институте, одновременно с Сергеем Алексеевичем по распоряжению Сталина получили дачи, построенные в 50-х гг. в поселке Мозжинка... Ставили их пленные немцы, делали они свою работу добросовестно... Любопытно, что немцы, видя проходящего по улице Сергея Алексеевича, говорили: «Фюрер», — настолько во всем облике, походке, глазах чувствовалась сильная воля» (Т. Аткарская).

«...Первому заместителю председателя Президиума СО АН СССР С. А. Христиановичу был поручен самый ответственный и сложный участок работы — курирование строительства Академгородка. Предстояло в короткие сроки и с хорошим качеством, при максимальной сохранности окружающей природы, буквально на голом месте построить городок с населением 35—40 тысяч человек, с нормальными условиями для жизни и работы. ...Всегда энергичный и целеустремленный, Сергей Алексеевич Христианович с полной ответственностью и даже с энтузиазмом взялся за это тяжелое дело». (А. П. Филатов, первый секретарь Новосибирского обкома КПСС в 1966—1973 гг.).

По: (кн. Сергей Алексеевич Христианович. *Выдающийся механик XX века. — 2008*)

необычные формы самолетов. Эти формы диктуются законами околозвуковой, сверхзвуковой аэродинамики, которые удалось установить благодаря созданию нового оборудования и модернизации старого, проведенной на основании этого опыта. Теперь стало возможным испытывать модели самолетов, даже очень крупные, при скорости звука. Фактически эти работы стали основой создания околозвуковой, трансзвуковой авиации.

...Я благодарен судьбе. Мне всегда везло — я попадал в отличные коллективы. ЦАГИ ... был совершенно замечательным учреждением. Здесь были исключительные люди, интереснейшие задачи. И я там многому научился. Я ведь не был инженером, а там стал, в сущности, инженером. Стал разбираться в проектировании, в строительстве, участвовал в реальных делах, научился применять научные знания к решению практических задач, доводя дело до конечного продукта.

Новый этап в его жизни отмечен приглашением на пост академика-секретаря Технического отделения Академии наук. Это назначение — не синекура. Да ведь

этот деятельный и великолепно организованный мозг мыслителя и инженера и не признает иного, каким-то сверхъестественным чутьем безошибочно определяя самые важные направления и задачи, будь то теория разрыва газового пласта, угольные выбросы или газодинамические проблемы ядерного взрыва. Более широкие горизонты, иная — государственная — мера ответственности... Снова — время войны, пусть и «холодной». Он принимает непосредственное участие во всех испытаниях советского атомного оружия, и, как никто, представляет разрушительную силу и масштабность действия нового оружия... Идея рассредоточить научный потенциал страны по огромным и богатейшим зауральским землям была тем самым столь характерным для него «точным, простым и изящным» инженерным решением

...Президиум тогда был небольшой. Нас было всего тринадцать человек. Работы было много, потому что речь шла не только о работе в самой Академии, но и о связи Академии с промышленностью. В ходе строительства, при организации работ в связи с освоением

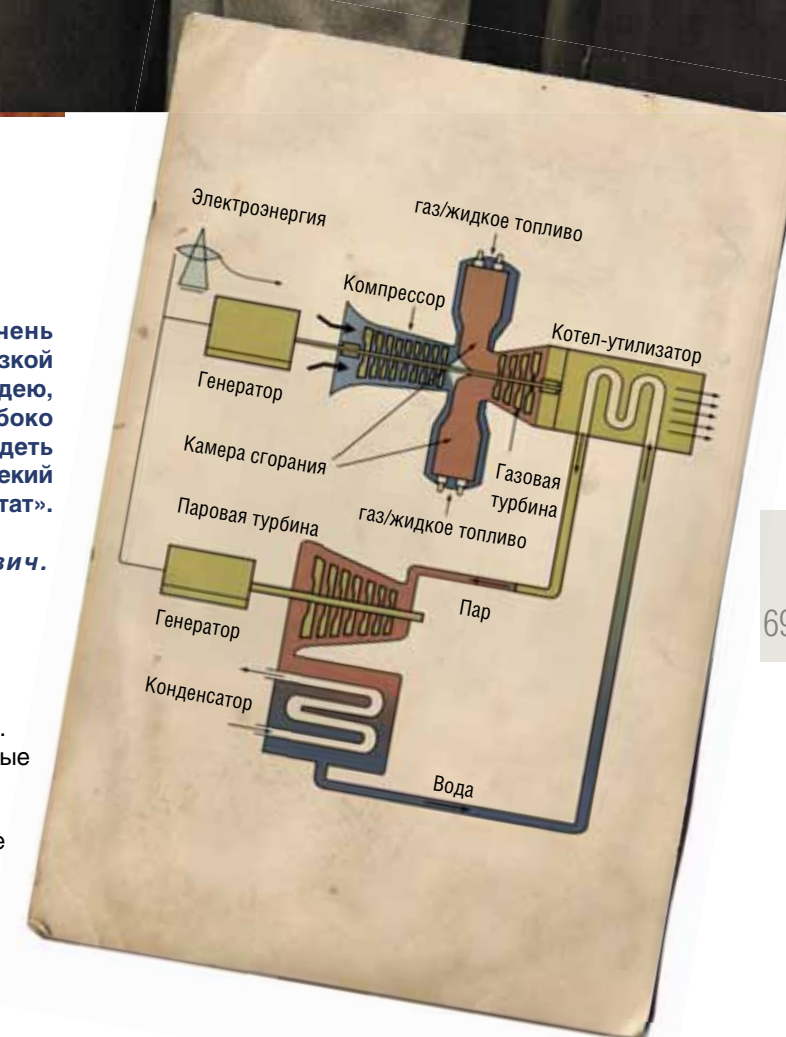
Председатель Госкомитета по науке, академик В. А. Кириллин (слева) и С. А. Христианович (справа) на берегу Обского водохранилища



Визит первого секретаря ЦК КПСС Н. С. Хрущева в Академгородок. 1959 г.

«Это был талантливый ученый, который очень быстро схватывал суть вещей, даже и не из близкой ему области науки. Он мог быстро оценить идею, быстро понять, в чем суть. Как человек, глубоко понимающий проблему, он был способен увидеть все ее нюансы и аспекты и старался заложить некий запас, чтобы получить гарантированный результат». (проф. В. К. Баев, ИТПМ СО РАН).
По: (кн. Сергей Алексеевич Христианович. Выдающийся механик XX века. — 2008)

Научные интересы Христиановича всегда были связаны с решением сложных задач механики, часто имеющих огромное практическое значение. Один из примеров — мощные, экологически чистые парогазовые теплоэнергетические установки (схема справа), которые разрабатывались в ИТПМ СО РАН в конце 1950-х. Это направление и сегодня считается одним из перспективных в энергетике





С. А. Христианович в лаборатории созданного им Института теоретической и прикладной механики СО АН СССР. 1964 г.

новой техники вставала масса научных проблем, проблем, которые требовали ответственного решения. Со всеми вопросами шли в Академию.

...У меня образовалась связь с самыми различными отраслями промышленности, я узнал массу людей, познакомился с методами и идеями, которые развивались в совершенно других областях.

В пятьдесят седьмом году стала очевидной необходимость развития наших восточных районов, освоения богатств Сибири. Очень большая была концентрация научных сил в Москве, Ленинграде, Киеве.

В провинции ученых не было. Сибирь, Урал — малоосвоенные территории страны, где сосредоточены огромные богатства, а там фактически были только небольшие научные ячейки.

...Было решено начать с академической науки как фундамента. Михаил Алексеевич Лаврентьев и я в статье, опубликованной в «Правде», предложили идею создания Сибирского отделения Академии наук. Но еще до появления статьи принципы создания такого нового крупного исследовательского учреждения были обговорены, проект получил мысленные очертания. В связи с созданием Сибирского отделения я переехал в Новосибирск. И с пятьдесят седьмого года до шестьдесят второго был первым заместителем Председателя Сибирского отделения.

На моих плечах лежала организация проектирования и строительства городка в качестве заказчика. Одновременно там строился Институт прикладной и теоретической механики, где я был директором. Это очень хорошо оснащенный институт, который и сейчас работает.

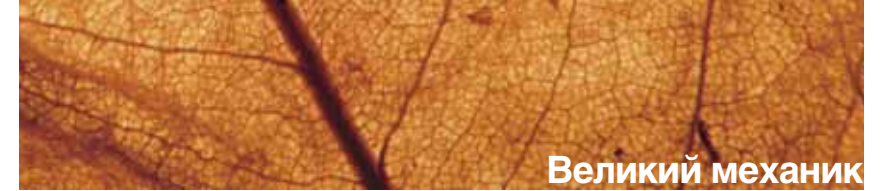
С шестьдесят второго года я уже не был заместителем председателя, а только директором института — до шестьдесят пятого года. В этом году мне пришлось уехать из Новосибирска по болезни. Климат

сибирский для меня был совершенно невыносим, как ни странно, хотя мне там все очень нравилось, начал температурить круглыми сутками, и мне врачи настоятельно предложили уехать.

И снова — ничего лишнего, ничего личного, а только: «Климат сибирский стал невыносим...». Но дело было не столько в обострившемся туберкулезе, сколько в обострении отношений с давним другом и соратником. Тем не менее впоследствии он, по словам жены, «никогда плохо не отзывался ни о М. А. Лаврентьеве, ни о своем преемнике В. В. Струминском, которые закрыли значительную часть тематики института и демонтировали уже действующие стенды, с таким трудом созданные». И так, впереди — Москва. Позади — белые здания сибирских институтов и среди них «родной» ИТПМ; Новосибирский университет, прообразом которого стал московский Физтех, где он был первым ректором; песчаный обской пляж, намывтый благодаря его поддержке для «отдыха трудящихся»... Что стоило ему прощание со своим любимым «детищем»? Сделанного здесь с лихвой хватило бы не на одну неординарную жизнь. Но у него впереди — удивительное дело! — еще 35 лет жизни, до предела наполненных новыми идеями и проектами

...Стал работать в большом и очень интересном Институте Комитета стандартов, который расположен под Москвой, в поселке Менделеево. Этот институт называется Институт физико-технических и радиотехнических измерений. Его задача — создание эталонов, эталонных средств измерения... К тому времени, когда я переезжал в шестьдесят пятом году в Москву,

* Цит. по кн. Академик С. А. Христианович. — 2008, с. 8—9



Великий механик

«Несомненно, даже слово «талант» — очень громкое, настораживающее и обязывающее. Что уж говорить об определении «гений», предполагающем высшую степень таланта, высшую степень одаренности.

В актовом зале Института теоретической и прикладной механики в Академгородке Сибирского отделения Российской академии наук портрет создателя института Сергея Алексеевича Христиановича органично по праву соседствует с портретами великих механиков: М. В. Ломоносова, О. Рейнольдса, Н. Е. Жуковского, С. А. Чаплыгина, Т. Кармана, Л. Прандтля.

Во многих других научных центрах, где работал академик Христианович, его и сейчас, по прошествии многих лет, называют гением. Обычно со временем оценки даже самых крупных ученых несколько тускнеют, восторженные слова сменяются более сдержанными. С оценкой Христиановича этого не происходит. Людей не перестают восхищать масштаб личности, сила и глубина ума, прозорливость ученого, ответственность гражданина и истинного патриота.

Те, кому довелось и доведется узнать и понять сделанное в науке и технике Христиановичем, согласятся с тем, что он — достояние мировое и на долгие времена. Ученый-универсал, механик, математик, гидролог, энергетик, метролог, эколог, он, более всего ценивший в себе инженера, достиг выших, основополагающих результатов в каждой из областей своей работы: в скоростной авиации и ракетной технике, в создании и испытании ядерного оружия, в теориях пластичности, фильтрации и связанных с ними горном деле, добыче и транспортировке угля, нефти и газа, в защите от наводнений и проблеме водных ресурсов, в развитии высокоэффективной и перспективной энергетики, в совершенствовании методов физического и математического моделирования природных, гидрофизических и атмосферных явлений, в повышении метрологического уровня научных разработок и инженерных проектов, в обеспечении высокого качества отечественной продукции.

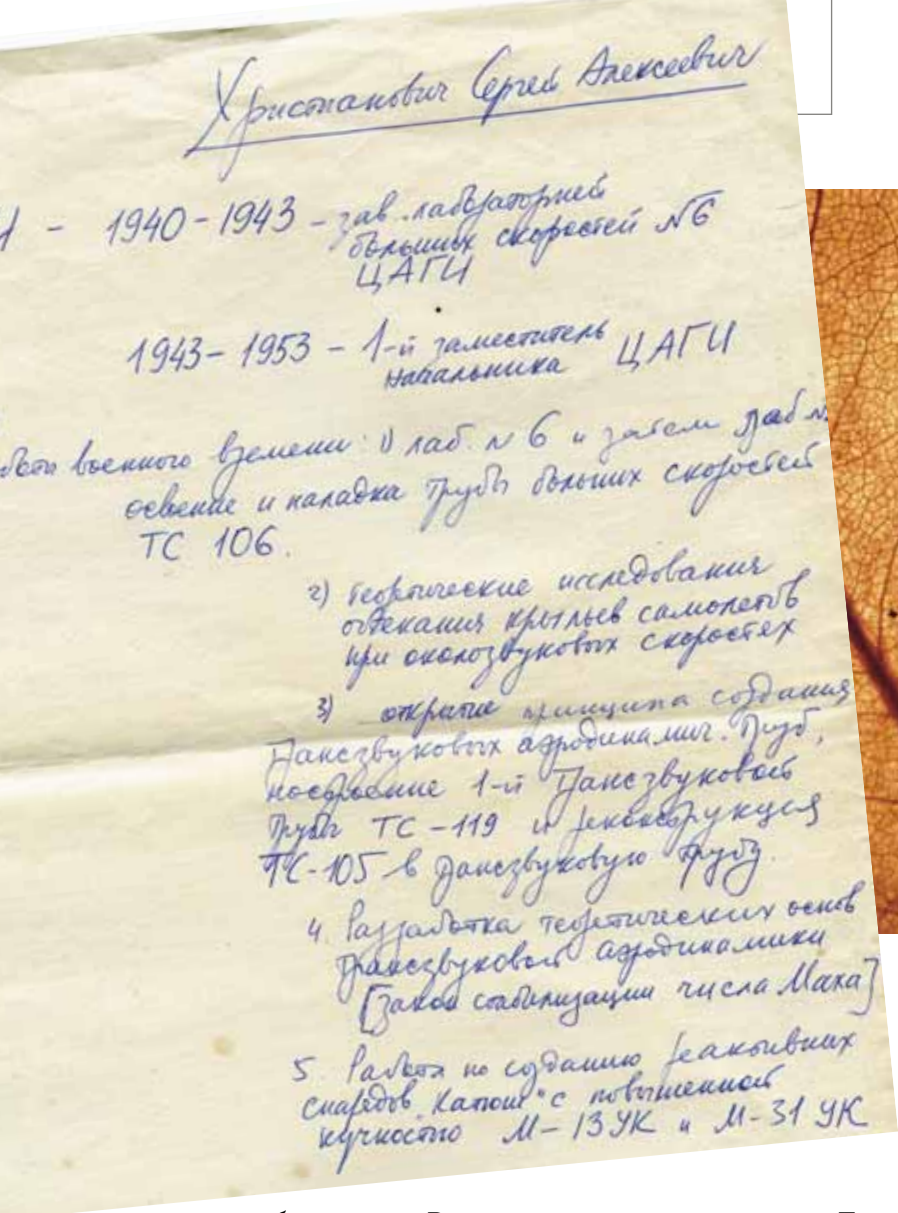
Человек, добровольно взваливший на себя личную ответственность за многие важнейшие проекты, рекомендации и решения нередко государственного масштаба, Сергей Алексеевич был, воистину, генератором революционных научных идей, которые энергично развивали его многочисленные ученики и последователи. Одновременно, он умел поддержать наиболее перспективные из «чужих» идей.

<...> Сергей Алексеевич Христианович был замечательным строителем — в прямом и переносном смысле этого слова. Он создавал и строил лучшие лаборатории, институты, научные центры страны. При его прямом участии была сформирована и развивалась знаменитая сегодня на весь мир система образования — система Физтеха (Московского физико-технического института). Блестящий педагог и воспитатель, академик безошибочно находил и ставил во главе наиболее важных, перспективных направлений развития механики и ее технических приложений лучших своих учеников, лучших инженеров производства.

<...> Христианович — не только легендарная личность, но вместе с тем — человек абсолютной душевной чистоты, строгости и сердечности, надежности и доброты. Он вырос и сформировался как ученый в окружении выдающихся умов своего времени, но не вознесся. Он сохранил умение и талант чувствовать и понимать любого человека — свойства характера, заложенные, во многом, сиротским, беспризорным детством». (д. т. н. Г. А. Амирьянц, ЦАГИ, Москва)*

«Это был в высшей степени харизматичный мужчина. Вокруг него всегда было много молодежи. Лекции он читал отвратительно, но если вы знали предмет, то получали высочайшее наслаждение от общения с ним. Он просто фонтанировал идеями». (г. н. с. А. Ф. Латыпов, ИТПМ СО РАН).

По: (кн. Сергей Алексеевич Христианович. Выдающийся механик XX века. — 2008)



Автограф С. А. Христиановича

этот институт был невелик. Видные люди оттуда ушли. Но я с удовольствием вспоминаю работу в этом живом интересном коллективе. Занимался я там вопросами измерительной техники, вопросами физики.

...Предложили мне общественную работу в качестве председателя Межведомственного совета по качеству. ...Этот Совет при Комитете стандартов занимался вопросами продукции, внедрения новых методов в систему управления качеством.

Все мы знаем, какую огромную роль играют вопросы качества продукции и, следовательно, ее конкурентоспособность на международном рынке. Всем хотелось бы, покупая ботинки, чтобы это были хорошие ботинки. Чтобы турбина работала нормально, чтобы любая продукция была на мировом уровне. Надо сказать, что организация производства в современном мире взаимосвязана. Каждый предмет, произведенный на свет, есть результат огромной работы предшественников.

...Лет тридцать назад было иначе. Тогда казалось, что лучшие производители — кустари, у них золотые руки. Туфли дамы предпочитали у хорошего сапожника зака-

зать. То же самое и платье. Позднее покупатели стали предпочитать фабричные вещи. Это было надежнее, особенно, если речь шла о машинах. Для того чтобы все время повышать качество продукции и быстро сменить одну продукцию новой, нужна специальная организация производства.

Естественно, эти вопросы, прежде всего, ставила военная авиация, где вопрос быстрой смены самолетов, новой техники был вопросом жизни. Поэтому разработка принципов такой системы — организация производства, испытания, взаимодействие науки и проектирования (или цепей с обратными связями) — была осуществлена в авиационной промышленности. И в первую очередь у нас и в Соединенных Штатах.

...Когда я работал в ЦАГИ, я научился создавать такие производственные цепочки. Настолько хорошо понимал эту систему дел, настолько ей пользовался и сжился с ней, что мне казалось странным, что это вообще не применяется в других отраслях промышленности.

...Времена были строгие, а мне приходилось подписывать вылеты всех новых самолетов. И у меня никогда

не дрожала рука. Я всегда был уверен, что самолет будет летать, все системы будут работать нормально и ничего с ним не случится. Потому что весь ход его проектирования контролировался, проходил систему испытаний, расчетов, соответствия нормам, которые были разработаны.

...Развитие моделей шло ступенями, и благодаря разработанной системе мы фактически прошли через звуковой барьер почти без людских потерь и без катастроф, чего нельзя сказать о зарубежной авиации, которая унесла большое число человеческих жизней и гораздо больше потребовала времени.

...Я очень жалею, что мне уже очень много лет и я не могу с большой энергией всецело отдать этому делу, которое я считаю сейчас самым главным в нашей стране.

У него была счастливая жизнь. Счастливая по меркам простого советского обывателя: он получил образование, несмотря на беспризорное детство; его не посадили в печально известном тридцать седьмом, как многих его коллег; его любили женщины — он был четырежды женат, притом что «никакая грязь к нему не приставала»; он прожил долго, имея чины, деньги и награды... Но у людей, подобных ему, другие ценности и другие мерки счастья. И можно было бы сказать, что и здесь ему было «случайно» отмерено сполна — если бы это понятие было приложимо к такой личности, как эта. В конце своей жизни он — блестящий ученый, инженер «милостью божьей», строитель государственного масштаба, родоначальник научных школ — с полным правом мог сказать: «Я построил Дом, посадил Дерево и вырастил Учеников». 28 апреля 2000 г. Сергей Алексеевич Христианович ушел из жизни. В Институте проблем механики РАН — его последнем месте работы — долго висел некролог, начинающийся словами: «Умер гений», и заканчивающийся фразой: «САХ будет жить в наших сердцах!» В 2005 г. Институту теоретической и прикладной механики СО РАН было присвоено имя его создателя. Известный ученый, в прошлом сам ученик САХа, профессор Г. Баренблатт так прокомментировал это событие: «Бог есть! Наконец-то свершилось настоящее признание Сергея Алексеевича Христиановича, и я счастлив, что дожил до этого дня! Мне довелось близко знать его, и это было огромным счастьем видеть его творческий полет, впитывать то творческое начало, которое он излучал, ощущать влияние его блистательной личности. ...Сергей Алексеевич теперь навсегда в сонме Великих Русских Механиков... Да будет благословенна его память!».

Редакция благодарит исполнительного директора Международного центра аэрофизических исследований д. т. н. А. М. Харитонову (Новосибирск), главного научного сотрудника ЦАГИ д. т. н. Г. А. Амирьянца (Москва), редактора ЦАГИ К. Ю. Косминкова (Москва), пресс-секретаря Президиума СО РАН О. Е. Подойницыну за помощь в подготовке публикации

В публикации использованы фотографии и иллюстрации из книг «Сергей Алексеевич Христианович. Выдающийся механик XX века» (М.: Наука, 2008) и «Академик С. А. Христианович» (Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2008), а также из архива Президиума СО РАН



СОБОЛЕВ

ИЗ ШКОЛЫ ЭЙЛЕРА

К 100-летию со дня рождения Сергея Львовича Соболева — представителя российской математической школы, вошедшего в список ученых, чье творчество создало главные интеллектуальные сокровища мировой культуры

Математика изучает формы мышления. В самом общем смысле дифференцирование — определение тенденций процесса, а интегрирование — предсказание будущего по тенденциям.

Современное человечество не мыслит себя без интегрирования и дифференцирования. Дифференциальное и интегральное исчисление открыто Ньютоном и Лейбницем. Используя понятия, предложенные Ньютоном и Лейбницем, Эйлер взрастил и выпестовал новую математику переменных величин, совершив немало гениальных открытий и создав неисчерпаемую собственную коллекцию поразительных формул и теорем.

Двести лет математический анализ оставался исчислением Ньютона, Лейбница и Эйлера. В двадцатом веке классическое исчисление превратилось в теорию распределений. Ключевыми объектами современного анализа стали интеграл в смысле Лебега и производная в смысле С. Л. Соболева, определенные для самых общих зависимостей, не подвластных операциям классического дифференцирования и интегрирования. Лебег и Соболев вошли в историю, предложив новые подходы к интегралу и производной, существенно расширив сферы влияния и области приложений математики.

Исторические фигуры и открытия достойны исторических параллелей и анализа. Математический дар передается от учителя к ученику. Эта чередующаяся цепь преемственных поколений — материальный носитель математической школы. Соболев принадлежит к школе, ведущей родословную от Леонарда Эйлера.

«Чем старше школа, тем она ценнее. Ибо школа есть совокупность накопленных веками творческих приемов, традиций, устных преданий об отшедших ученых или ныне живущих, их манере работать, их взглядах на предмет исследований. Эти устные предания, накапливающиеся столетиями и не подлежащие печати или сообщению тем, кого считают неподходящим для этого — эти устные предания суть сокровища, действительность которых трудно даже представить себе и оценить... Если искать каких-либо параллелей или сравнений, то возраст школы, накопление ею традиций и устных преданий, есть не что иное, как энергия школы, в неявной форме» (академик Н. Н. Лузин)

◀ Фото В. Новикова



КУТАТЕЛАДЗЕ Семен Самсонович — доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории функционального анализа Института математики им. С. Л. Соболева СО РАН (Новосибирск). Заместитель заведующего кафедрой математического анализа Новосибирского государственного университета. Член Американского и Европейского математических обществ, Математической ассоциации Америки. Автор и соавтор более 400 публикаций

От Эйлера до Соболева

Человек — объект физический и может быть отчасти представлен своей мировой линией в четырехмерном пространстве-времени. Большая часть мировой линии Эйлера принадлежит России. Уроженец Швейцарии, Эйлер нашел в России свою вторую Родину и покоится в Петербурге. «Да Винчи» от математики, он давно стал неотъемлемой частью русского духа.

Нет ни швейцарской, ни русской математики, но есть математика в России, есть отечественная математическая традиция и отечественная математическая школа. Наши соотечественники с гордостью считают Эйлера основателем российской математической школы.

Усилиями Эйлера Петербург стал математической столицей мира XVIII в. Даниэл Бернулли писал Эйлеру: «Я не могу Вам довольно выразить, с какой жадностью повсюду спрашивают о Петербургских мемуарах». Речь идет о знаменитых «Комментариях Санкт-Петербургской Академии», ставших ведущим научным журналом той эпохи. Это издание не раз меняло свое название и превратилось со временем в Известия РАН

*Aequationes pro curvis
rectificabilibus.*

$$2x = \frac{1}{a \cdot 1+m} y^{1+m} - \frac{1}{1-m} y^{1-m}$$

$$2x = \int \frac{a y^{p-1} (y^p - b)^{\frac{1}{n}}}{(b + c y^n)^{m+1}} dy - \frac{a}{m+1} \frac{(y^p - b)^{\frac{1}{n}}}{c}$$

$$2x = \int \frac{a y^{p-1} (y^p - b)^{\frac{1}{n}}}{(b + c y^n)^{m+1}} dy - \frac{a}{m+1} \frac{(y^p - b)^{\frac{1}{n}}}{c}$$

*affirmatives major quam 2. n non potest esse
= 1. vel n debet esse m+1*

$$2x = \frac{a y^{p-1} (y^p - b)^{\frac{1}{n}}}{(b + c y^n)^{m+1}} - \frac{a}{m+1} \frac{(y^p - b)^{\frac{1}{n}}}{c}$$

$$i.e. 2x = \frac{a y^{p-1} (y^p - b)^{\frac{1}{n}}}{(b + c y^n)^{m+1}} - \frac{a}{m+1} \frac{(y^p - b)^{\frac{1}{n}}}{c}$$

$$2x = \int \frac{a y^{p-1} (y^p - b)^{\frac{1}{n}}}{(b + c y^n)^{m+1}} dy - \frac{a}{m+1} \frac{(y^p - b)^{\frac{1}{n}}}{c}$$

affirmatives major quam 2.
 $\int \frac{a}{c} \frac{y^{p-1} (y^p - b)^{\frac{1}{n}}}{(b + c y^n)^{m+1}} dy - \frac{a}{m+1} \frac{(y^p - b)^{\frac{1}{n}}}{c}$

Дом в Петербурге, где жил Л. Эйлер. Фото М. Панфилова
Автограф Эйлера. Санкт-Петербургский филиал Архива РАН

(серия математическая). Журнал Петербургской Академии наук поместил 473 статьи Эйлера, которые поочередно выходили в свет в течение многих лет после кончины Эйлера вплоть до 1830 г.

В начале XIX в. центр математической мысли переместился во Францию, где творили Лаплас, Пуассон, Фурье и Коши. Идеи новых творцов математики воспринял М. В. Остроградский, учившийся в Париже после лишения законно полученного аттестата об окончании Харьковского Императорского университета. Репутация, приобретенная Остроградским во Франции, и ряд мемуаров, представленных Академии наук, способствовали



признанию его заслуг в России. Он быстро стал признанным лидером российской математики.

Остроградский прекрасно понимал значение Эйлера для отечественной науки. Именно он энергично ставил вопрос об издании наследия Эйлера. В пояснительной записке по этому поводу М. В. Остроградский писал: «Эйлер создал современный анализ, обогатив его один сам более, чем все его предшественники вместе, и сделал из него самый могущественный инструмент ума человеческого». Издание в 28 томах предполагалось осуществить в течение 10 лет, но средств у Академии наук на это не нашлось ни в то время, ни по сей день...

Многие известные математики и механики России испытали на себе влияние М. В. Остроградского. В том числе к петербургской ветви школы Остроградского относились П. Л. Чебышев, А. М. Ляпунов и В. А. Стеклов. Среди учеников Чебышева были А. Н. Коркин и А. А. Марков, у которых учился Н. М. Гюнтер, ставший научным руководителем дипломной работы С. Л. Соболева. Вторым своим учителем Соболев считал В. И. Смирнова — ученика В. А. Стеклова, ученика А. М. Ляпунова. Такова блестящая цепь научного генеалогического древа С. Л. Соболева.

Математика России в 1930-е

Великие открытия — вехи неизбежности, которые не возникают сами собой. Необходимость прокладывает свой путь через дремучую чашу случайностей. Открытия, сделанные Соболевым, относятся к годам великого перелома в мировой и отечественной математике.

Двадцатый век по праву считается веком свободы. Свобода — понятие историческое, отражающее способ разрешения конфликта между безграничными в своем разнообразии индивидуальностями и ограничивающими формами их коллективного сосуществования. Исторический антураж — обязательный компонент каждого триумфа и каждой трагедии.

Развитие социальных институтов демократии проходило одновременно с раскрепощением всех сторон духовной жизни людей. Математика



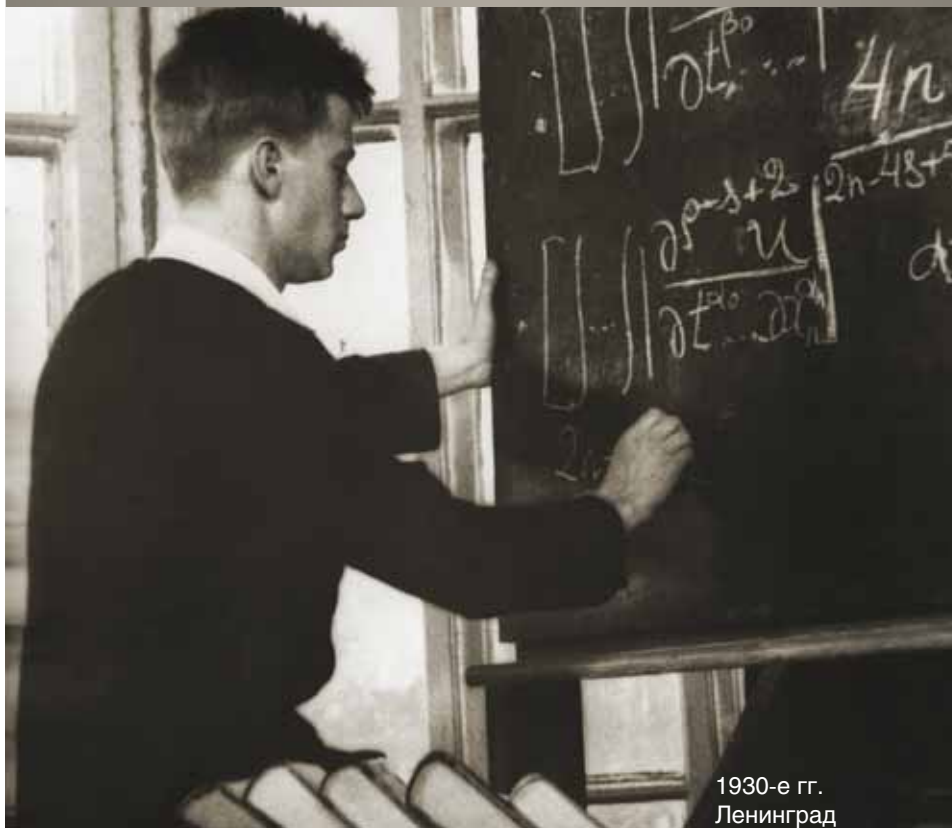


Студенческие годы в Ленинградском университете. С. Л. Соболев со своим товарищем С. А. Христиановичем и с преподавателем В. И. Смирновым

«В 1951 г. Сергей Львович читал нам курс уравнений математической физики в МГУ. Читал так живо и быстро, что за ним не успевали записывать. Студентки слали ему записочки: «Сергей Львович, помедленнее». Но его хватало буквально на 10 минут, а затем он снова начинал увлекаться. При этом Сергей Львович никогда не отвлекался на занятиях. Он был очень дисциплинированным и четко читал свой курс по своему же учебнику.

Мы никогда не боялись сдавать ему экзамен. Он опрашивал достаточно быстро: убеждался, что студент знает предмет, и сразу ставил оценку.

В те времена мы уже знали, что Соболев — знаменитый математик, но даже и не подозревали, какую ответственность он нес на другой работе, в Институте атомной энергии». (д. ф.-м. н., профессор, г. н. с. РНЦ «Курчатовский институт» и ИВМ РАН В. И. Лебедев)



1930-е гг. Ленинград

раскрывала свою сущность науки о свободных формах мышления.

Идея пересмотра понятия решения дифференциального уравнения носилась в математической атмосфере начала XX в. Осмысливая свои достижения в 1957 г., сам Соболев отмечал: «В процессе изучения разнообразных задач на отыскание функций, удовлетворяющих некоторым уравнениям в частных производных, оказалось полезным использовать класс функций, не обладающих повсюду непрерывными производными нужного порядка, но являющихся в некотором смысле предельными для настоящих решений уравнений. Такие обобщенные решения ищутся, естественно, в различных функциональных пространствах, иногда полных, а иногда специально пополняемых при помощи введения новых «идеальных элементов».

От индивидуального решения наука перешла к изучению функциональных пространств, операторов в них и тех элементов, которые являются решениями.

Вопрос о том, когда эти обобщенные решения будут решениями в классическом смысле, при таком рассмотрении становится самостоятельным.

Как мы видим, Соболев выделил неразрывную связь своей теории с гильбертовой идеей социализации математических проблем, опирающуюся на теорию множеств Кантора.

Нет сомнений, что обращение Соболева к этой проблематике связано с Гюнтером, который пропагандировал идеи Лебега о необходимости пересмотра подхода к уравнениям математической физики на основе теории функций множеств.

С идеями функционального анализа Соболев знакомился в семинаре, организованном Смирновым. Именно в этом семинаре изучалась классическая книга Дж. фон Неймана по математическим методам квантовой механики. Идеи Неймана

вызвали интерес и у другого участника семинара Смирнова — Л. В. Канторовича, университетского товарища Соболева, который опубликовал в 1935 г. две заметки в ДАН СССР, посвященные проблеме расширения понятия функции в духе К. Фридрихса и содержащие описание обобщенного дифференцирования умеренных периодических распределений.

Представляется совершенно невероятным, чтобы Соболев и Канторович, близкие друзья и участники одного семинара, не знали о работах друг друга на родственные темы. Однако ни тот, ни другой никогда не упоминали об этом эпизоде в дальнейшем. Очевидно, что в те годы между Соболевым и Канторовичем, поддерживавшими теплую и сердечную дружбу до конца своих дней, имело место временное взаимное отчуждение. Понять его природу помогают исключительно острые политические события, развернув-



Фото Е. Элленгорна



«Военное время и последующие 10 лет были очень тяжелыми для нашего отца. Сталин любил работать по ночам, поэтому всем остальным приходилось подстраиваться под его режим. Заседания проходили обычно в 3 часа ночи. Поэтому когда Сергей Львович приезжал домой и у него появлялась возможность поспать, мы ходили буквально на цыпочках, зная, что ему нельзя мешать. Его сон и работа были святы для нашей семьи.

Если же нам случалось расшуметься, Сергей Львович никогда не ругался. Это брала на себя мама, и очень быстро нас усмиряла.

Отец очень любил общаться с детьми. Нас было у него семеро, и он часто мечтал, что когда мы вырастем, то станем жить в разных городах. Тогда бы он мог на старости лет ездить в гости от одного к другому. К сожалению, эта мечта не сбылась. Он уже плохо себя чувствовал, когда вернулся из Сибири в Москву, и больше никуда не выезжал.

Сергей Львович был очень мягким человеком. Если

мне что-то не нравилось из того, что он говорил, я могла сказать: «Ой, что за глупость», и он не только не обижался (а в те времена такой тон многих бы возмутил), но доказывал, что я не права. Он был вполне демократичен, и единственное, что нам не разрешалось, это обижать маму. Здесь он был непреклонен.

Кроме того, он страшно не любил склок. Нам, детям, не всегда удавалось жить мирно, но он не разбирался. Если двое дерутся – значит, и виноваты двое! Это была его твердая установка в тех редких случаях, когда ему приходилось нас разнимать. Он очень не любил, когда люди говорят неправду. Часто ложь строится из полуправды и выглядит красиво. Он это ненавидел...

Сергей Львович часто писал стихи. Когда в детстве нам приходилось жить в разных городах, он всегда присылал нам письма с собственными стихами. Стихи были разные, обо всем на свете. К сожалению, все они утеряны». (Е. С. Соболева, преподаватель МГУ, Москва)

шедшие в то время в математической среде Ленинграда и Москвы.

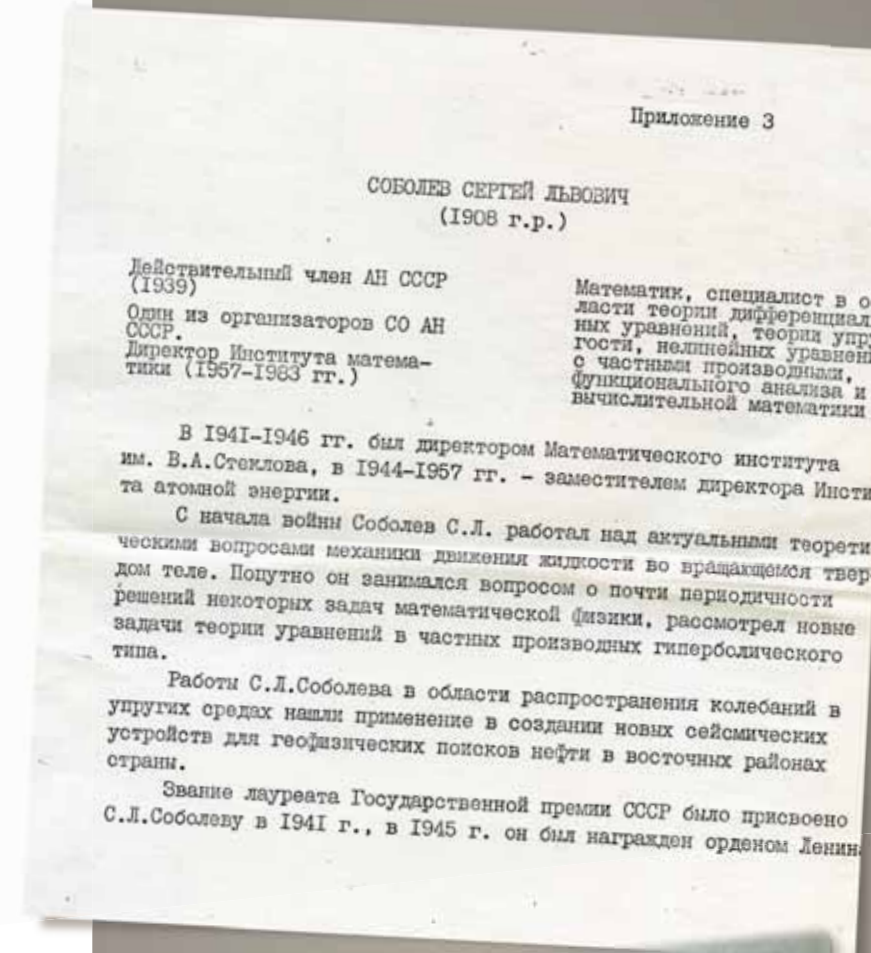
Обстановка в математическом сообществе страны мало отличалась от общих нравов той эпохи. Против старой профессуры Северной столицы был развернут «ленинградский математический фронт». Главным объектом атаки стал возглавлявший Петроградское математическое общество Гюнтер, который был по полной программе обвинен в идеализме и отрыве от практики и получил клеймо «реакционера в общественной жизни» и «консерватора в науке». Среди подписавшихся под «Декларацией инициативной группы по реорганизации Ленинградского физико-математического общества» от 10 марта 1931 г., содержащей ужасные обвинения против Гюнтера, указан и Канторович. Гюнтер оставил руководство кафедрой и был вынужден написать покаянное письмо, впрочем, также заклеенное «математиками-материалистами». К среде идеалистов был причислен также Стеклов. К чести Соболева и Смирнова, они не присоединились к публичной травле своих наставников. Антидотом послужила явная близость научных взглядов учителей и учеников.

Старую профессуру травили и в Москве. К участию в дразгах москвичи пытались привлечь и Канторовича, но он от каких-либо нападений на Лузина воздержался, в то время как Соболев, к сожалению, принял активное участие в работе академической комиссии по «делу Лузина».

Трагедия математики в России была всеобщей. Всеобщими были и ее триумфы.

Соболев и бомба

Сила человека — в способности создавать и передавать идеальные неосознаваемые ценности. Математика хранит древнейшие технологии безошибочных интеллектуальных приемов. Наука и искусство до-



№ 164

Письмо И.В. Курчатова Л.П. Берия
об ознакомлении С.Л. Соболева с материалами Бюро № 2¹

9 февраля 1947 г.
Сов. секретно
Только лично

Товарищу Берия Л.П.

Академик С.Л. Соболев до настоящего времени был ознакомлен с материалами Бюро № 2 только в той части, которая относилась к диффузионному методу. В связи с назначением его на должность заместителя начальника Лаборатории № 2 АН СССР я прошу Вашего разрешения ознакомить академика Соболева С.Л. с материалами Бюро № 2 по всем вопросам проблемы.

И. Курчатов

г. Москва
Экз. единств[енный]
9.02.47

Резолюция по тексту письма, от руки: *Согласен. Л. Берия. 21/II-47.*

*Сов. секретно 5
Только лично*

Товарищу Берия Л.П.

Академик С.Л. Соболев до настоящего времени был ознакомлен с материалами Бюро № 2 только в той части, которая относилась к диффузионному методу. В связи с назначением его на должность заместителя начальника Лаборатории № 2 АН СССР, я прошу Вашего разрешения ознакомить академика Соболева С.Л. с материалами Бюро № 2 по всем вопросам проблемы.

*г. Москва
Экз. единств[енный]
9.02.47*

И. Курчатов



Фото В. Новикова

казательных исчислений, математика расположена в эпицентре культуры. Свобода мышления — это *sine qua non* личной свободы человека. Математика, положенная в основу мировоззрения, становится основой и гарантом его свободы. Творчество Эйлера и лучших представителей его школы дают тому неисчислимы примеры. Не стала исключением и судьба Соболева.

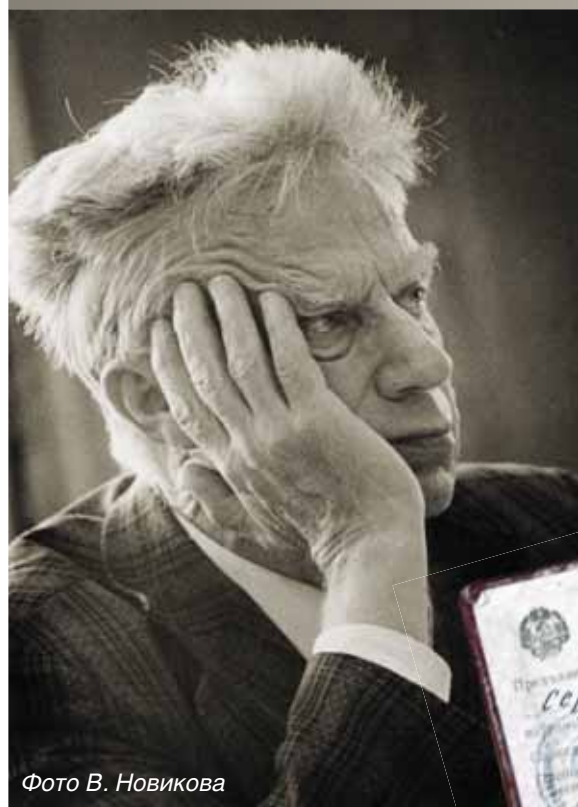
В XX в. человечество подошло к краю безопасных границ своего существования, проявив неспособность остановить поджигателей Первой и Второй мировых войн. Гарантом свободы стало оружие сдерживания. Создание атомной бомбы в США и России — демонстрация удивительной силы науки — последнего резерва выживания человечества. Математики могут гордиться участием своих коллег в этом процессе. В Манхэттенском проекте работали Нейман и Улам. В осуществлении отечественного проекта «Энормоз» участвовали Соболев и Канторович.

В настоящее время большинство документов, касающихся истории создания ядерного оружия, рассекречено и опубликовано, и мы можем ощутить накал той героической эпохи.

«Многие, кто видели Сергея Львовича, скажут, что это был красивый человек. Высокий рост, энергичные движения, быстрая походка. Его речь всегда была очень четкой, и он считался блестящим полемистом. Его редко удавалось переспорить, наверное, потому что он часто бывал прав. При этом Сергей Львович всегда был доброжелателен и с уважением относился к чужому мнению. Соболев был блестящим популяризатором и выступал перед различными аудиториями. Ему случалось разъяснять школьникам, что такое функциональный анализ. И хотя до самых сложных вещей речь не доходила, но о месте и значении этой области математики ему удавалось рассказать удивительно грамотно и доходчиво!» (академик, д. ф.-м. н., советник РАН Ю. Г. Решетняк, ИМ СО РАН)



С. Л. Соболев с немецким кинорежиссером А. Торндайком у макета Академгородка



«На одном из юбилеев Соболеву вручили орден. В своем ответном слове он сказал со слезами на глазах: «Я всегда сомневаюсь — заслуживаю ли я тех почестей, которые вы мне оказываете»». (д. ф.-м. н., профессор, г. н. с. Института математики им. С. Л. Соболева СО РАН С. И. Фадеев)



Фото В. Новикова

Начало работ по атомному проекту в нашей стране принято связывать с распоряжением ГКО № 2352сс «Об организации работ по урану» от 28 сентября 1942 г. Спустя несколько месяцев ГКО принимает решение об организации Лаборатории № 2 АН СССР для изучения атомной энергии. Руководство Лабораторией и всеми работами по атомной проблеме было поручено И. В. Курчатову. Вскоре одним из заместителей Курчатова был назначен Соболев, который вошел в группу И. К. Кикоина, где занимались проблемой обогащения урана с помощью каскадов диффузионных машин для разделения изотопов.

В особой папке хранится отчет Курчатова и Кикоина, датированный августом 1945 г. В преамбуле этого документа говорится: «Из четырех известных за границей способов получения атомных взрывчатых веществ (урана-235 и плутония-239), а именно: способом «котел уран — графит», способом «котел уран — тяжелая вода», способом диффузионным, способом магнитным, руководящие работники Лаборатории № 2 (академики Курчатов, Соболев, члены-корреспонденты Академии наук Кикоин, Вознесенский) считают, что по трем первым из указанных способов Лаборатория № 2 в настоящее время имеет уже достаточные данные для проектирования и сооружения установок».

Уже в 1946 г. построены первые газовые компрессоры и освоено их серийное производство. Начались эксперименты по обогащению газообразного шестифтористого урана. Работа требовала решения колоссального числа разнообразных научных, технологических и организационных проблем, ставших на долгие годы главным делом Соболева. Соболев работал как в группе по плутонию-239, так и в группе по урану-235, организовывал и направлял работу вычислителей, разрабатывал вопросы регулирования процесса промышленного разделения изотопов, отвечал за снижение потерь и решал массу иных организационных и технических вопросов. Его роль в атомном проекте возрастала.

Испытание РДС-1 состоялось около Семипалатинска 29 августа 1949 г. Ровно через два месяца более восьмисот участников атомного проекта наградили орденами. Соболев получил орден Ленина.

Еще в середине 1949 г. Лаборатория № 2 была переименована в ЛИПАН — Лабораторию измерительных приборов Академии наук. В ЛИПАНе Соболев и написал главную книгу своей жизни — «Некоторые применения функционального анализа в математической физике».

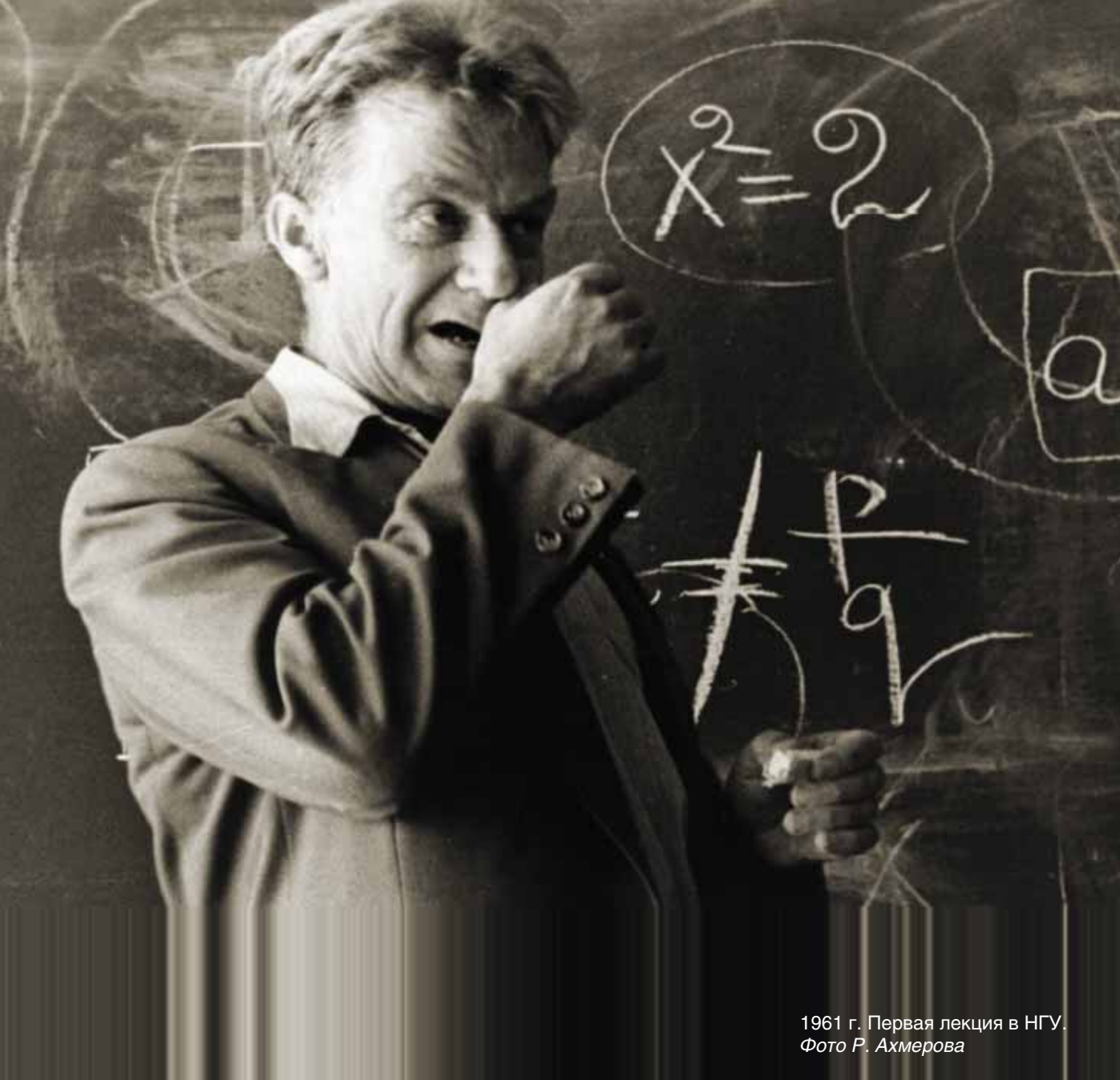
Атомный проект обогатил научный и личный потенциал Соболева. До конца жизни огромное место в его творчестве заняла вычислительная математика. В 1952—1960 гг. он возглавлял кафедру вычислительной математики МГУ. Уже в Сибири Соболев построил теорию кубатурных формул, удивительную красотой

своей универсальности. В ней Соболев синтезировал идеи классических приближенных методов и теории распределений.

Работа в ЛИПАНе добавила Соболеву новые яркие краски в понимании математики. По его словам, именно в те годы он понял, что для многих задач важен не абстрактный вопрос существования решения, а конкрет-

Симпозиум в НГУ 1963 г. Академик С. Л. Соболев встречает американских математиков





1961 г. Первая лекция в НГУ.
Фото Р. Ахмерова

ное предъявление разумного приближенного варианта к назначенному сроку.

Новая производная — новое исчисление

Эйлер еще в 1755 г. дал универсальное определение функции, которое почти двести лет воспринималось как наиболее общее и совершенное. В своем знаменитом курсе дифференциального исчисления он писал: «Когда некоторые количества зависят от других таким образом, что при изменении последних и сами они подвергаются изменениям, то первые называются функциями вторых. Это наименование имеет чрезвычайно широкий характер; оно охватывает все способы, какими

одно количество может определяться с помощью других. Итак, если x обозначает переменное количество, то все количества, которые как-либо зависят от x , т. е. определяются им, называются его функциями».

Исследования Соболева связаны с переосмыслением понятия решения дифференциального уравнения. Соболев предложил решать задачу Коши в пространстве функционалов, то есть отказаться от стандартного понимания решения как функции. Фактически Соболев стал считать дифференциальное уравнение решенным даже в тех случаях, когда нам доступны всевозможные интегральные характеристики поведения процесса. При этом решение как функция времени может быть не только неизвестным, но и просто отсутствующим. В науку вошло качественно новое понимание ключевых принципов прогнозирования.

«Соболев, безусловно, сыграл в атомном проекте огромную роль. Но почему в Институт атомной энергии был приглашен он, специалист совсем в другой области?

В то время фактически еще не существовало электронных машин, и вместо процессоров для вычислений использовались... молодые женщины, потому что они делают меньше ошибок, чем мужчины. И вот представьте себе помещение, где много-много столов, за которыми сидят девушки. Каждой дано задание за день сделать определенное количество вычислений. Это очень тяжелая работа, причем девушки даже не знали, для чего будут использованы результаты.

Соболев был «маршалом»: именно он разбивал задачу на кусочки, которую его «генералы» и «полковники» дробили дальше. В итоге до низа доходили уже просто задания «посчитать вот это и это».

Вот таким способом он использовался на этой работе. Когда его спрашивали: «Почему именно Вы?», он отвечал: «Могли бы и другие, но, видимо, я делал это лучше»».

(д. ф.-м. н., профессор, г. н. с.
Института математики с ВЦ УНЦ РАН
М. Д. Рамазанов)

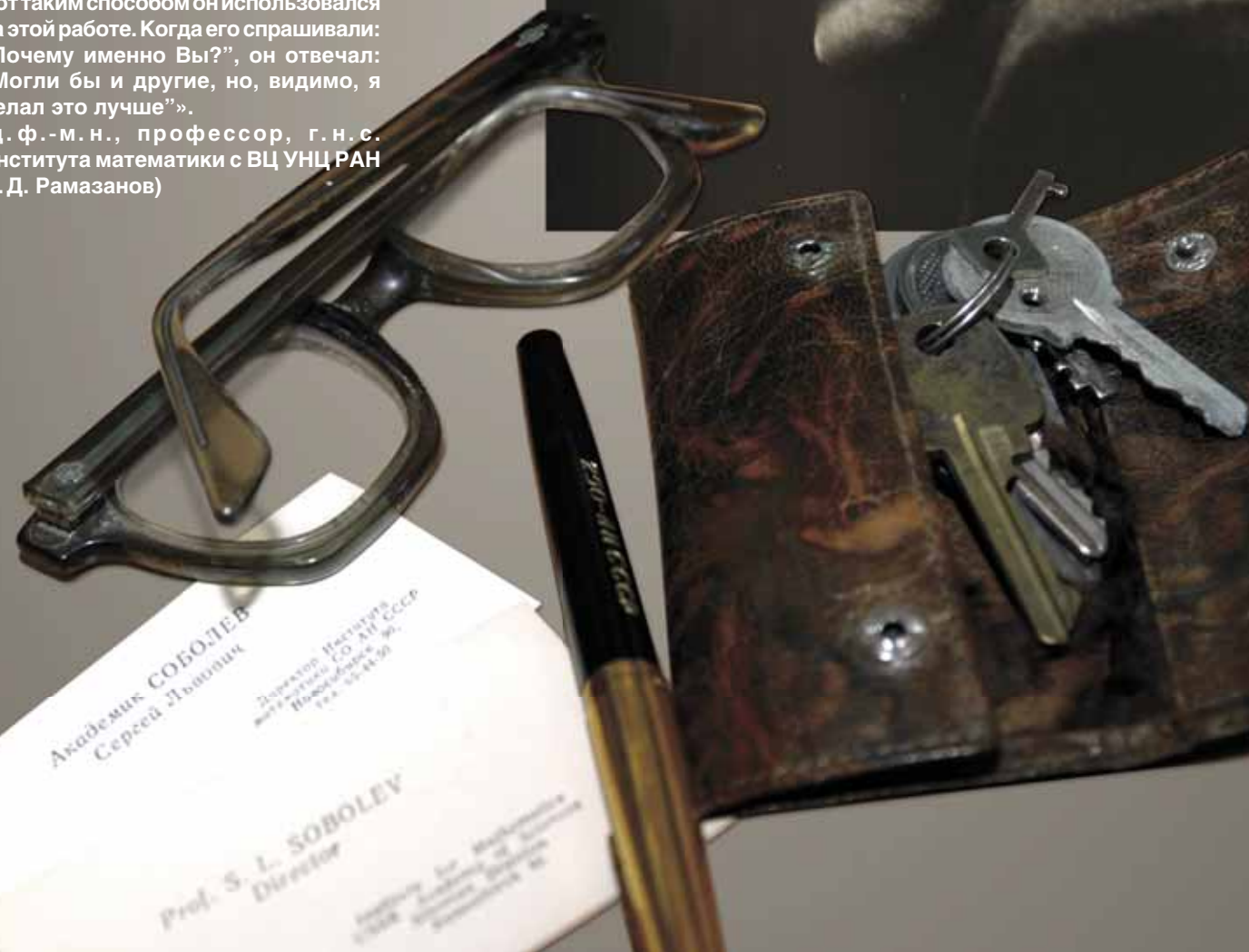




Фото А. Полякова, И. Зотина

«Как-то раз на одной из вечеринок Сергею Львовичу подарили галстук. Вроде бы пустяковая вещь, но он очень обрадовался этому подарку. Он был осыпан регалиями и почестями, но все это было так официально, что он их близко к сердцу не принимал. А простые человеческие пустячки ему, по-видимому, приходились по душе».

«Однажды я стал невольным свидетелем его телефонного разговора с одним очень уважаемым человеком. Они обсуждали какую-то острую проблему. Атмосфера накалилась, обсуждение дошло до крайней точки, и Сергей Львович положил трубку. На вопрос, сколько времени ему потребуется, чтобы прийти в себя после такого стресса, он ответил: «Пустяки. Я сажусь за работу, и через пять минут забываю обо всем».

(д.т.н., профессор, г.н.с. ИМ СО РАН Н.Г. Загоруйко)

Обобщенные производные Соболева под эйлерово понятие функции не попадают. Дифференцирование, предложенное Соболевым, опирается на новое понимание взаимозависимости математических величин. Обобщенная функция определяется неявно с помощью интегральных характеристик своих воздействий на всех представителей заранее выбранного класса пробных функций.

Соболев был среди пионеров применения функционального анализа в математической физике, создав свою теорию в 1935 г. В работах Лорана Шварца, независимо пришедшего к тем же идеям спустя десятилетие, новое исчисление стало общедоступным, представ в виде элегантной, мощной и чрезвычайно прозрачной теории распределений, утилизировавшей многие прогрессивные идеи алгебры, геометрии и топологии.

Дифференциальное исчисление XVII в. неотделимо от общих воззрений классической механики. Теория обобщенных функций связана с механикой квантовой.

Следует особо подчеркнуть, что квантовая механика не является простым обобщением классической механики, а представляет научное мировоззрение, основанное на новых законах. Классические детерминизм и непрерывность уступили место квантованию и неопределенности. В XX в. человечество вышло на совершенно иной уровень понимания природных процессов.

Аналогичным образом дело обстоит и с математическими теориями современности. Логика наших дней не является обобщением логики Аристотеля. Геометрия банаховых пространств не служит обобщением евклидовой планиметрии. Теория распределений, ставшая исчислением нашего времени, коренным образом преобразила всю технологию математического описания физических процессов с помощью дифференциальных уравнений.

Открытия Ньютона и Лейбница подытожили многовековую предысторию дифференциального и интегрального исчисления, открыв дорогу новым исследованиям. Достижения Лебега и Соболева продолжили размышления их гениальных предшественников и осветили путь математиков нашего времени.

Соболев слышал будущее и одаривал людей своими пространствами. Его открытия стали триггером многих революционных изменений математики, счастливыми свидетелями и участниками прогресса которой мы являемся.

Последняя серия математических работ Соболева была посвящена тонким свойствам корней полиномов Эйлера...

Редакция и автор благодарят Е.С. Соболеву, пресс-секретаря Президиума СО РАН О.В. Подойницыну, сотрудников библиотеки ИМ СО РАН, директора издательства Т.Н. Рожковскую за помощь в подготовке публикации. В статье использованы материалы из архивов семьи С.Л. Соболева, Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН, Президиума СО РАН

Литература

Атомный проект СССР. Документы и материалы. Т. II: Атомная бомба 1945—1954 / Ред. Рябев Л.Д. — М.; Саров: Наука, 2000.

Кутателадзе С.С. Сергей Соболев и Лоран Шварц // Вест. РАН. — 2005. — Т. 75, вып. 4. — С. 354—359.

Нейман, Иоганн фон. Математические методы квантовой механики. — М.: Наука, 1964.

Николай Петрович Дубинин и XX век / Сост. Дубинина Л.Г., Овчинникова И.Н. — М.: Наука, 2006.

Сергей Львович Соболев. Страницы жизни в воспоминаниях современников / Ред. Рамазанов М.Д. — Уфа: ИМВЦ УНЦ РАН, 2003.

Смирнов В.И., Соболев С.Л. Биографический очерк [Николай Максимович Гонтар (1871—1941)] // Гонтар Н.М. Теория потенциала и ее применение к основным задачам математической физики. — М.: ГИТТЛ, 1953. — С. 393—405.

Соболев С.Л. Введение в теорию кубатурных формул. — М.: Наука, 1974.

Соболев С.Л. Избранные труды. Т. 2. — Новосибирск: Ин-т математики СО РАН, 2006.

Философские проблемы современного естествознания / Ред. Федосеев Н.П. и др. — М.: Изд-во АН СССР, 1959.

Эйлер Л. Дифференциальное исчисление. — Л.: Гостехиздат, 1949.

Lutze J. The Prehistory of the Theory of Distributions. — New York etc.: Springer, 1982.

Schwartz L. A Mathematician Grappling with His Century. — Basel etc.: Birkhauser, 2001.

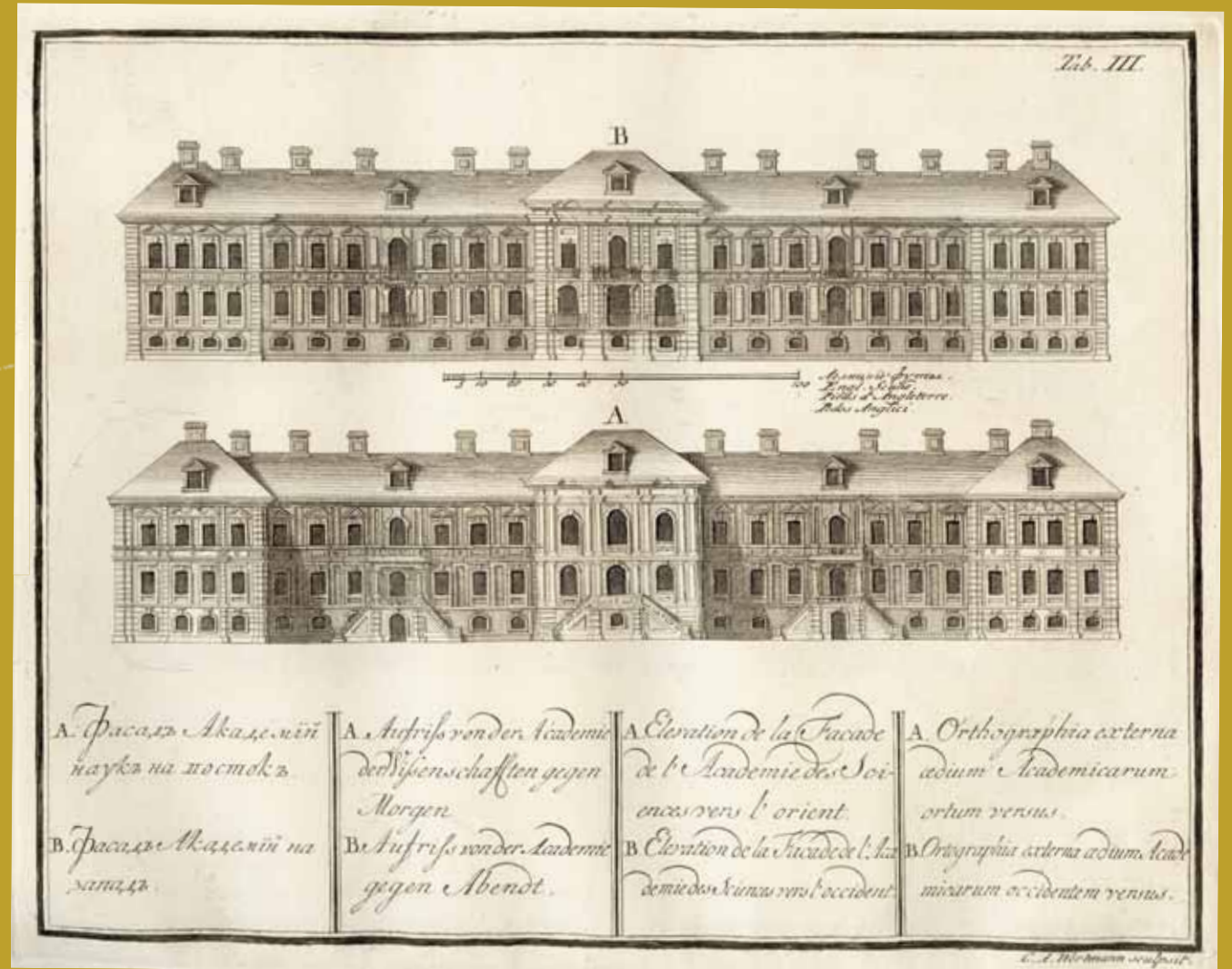
Н. П. КОПАНЕВА

«Леонгардъ Эулеръ»

В название статьи вынесено имя великого математика Леонарда Эйлера. Написание «Леонгардъ Эулеръ» — не ошибка: именно так этот швейцарец, проживший чуть ли не половину своей жизни в России, подписывал свои письма, когда писал их по-русски



КОПАНЕВА Наталья Павловна — кандидат филологических наук, заведующая отделом публикаций и выставок Санкт-Петербургского филиала Архива РАН. Научный руководитель и сокоординатор международных программ «Петр Великий и Голландия», «Нарисованный музей» Петербургской Академии наук», «Николаас Витсен. «Северная и Восточная Тартария»»



Изображение здания, в котором располагалась Академия наук. Здание строилось как дворец для царицы Прасковьи Федоровны, вдовы царя Иоанна V Алексеевича и невестки Петра I. В 1725 г. недостроенное здание было передано в ведение Академии. Здесь проходили заседания академической Конференции, располагались архив, типография, книжная лавка, рисовальные и гравировальные мастерские. Здание не сохранилось до наших дней: оно было снесено в 1820-х гг. для строительства Южного пакгауза Биржи. Ныне на этом месте располагается Зоологический институт и Зоологический музей РАН. Гравюра Х. Вортмана из альбома «Палаты Санктпетербургской Академии Наук, Библиотеки и Кунсткамеры...» (1741 г.)

В родном Базеле Леонард Эйлер прожил лишь первые 20 лет своей жизни. В России ученый прожил почти 31 год (1727–1741 гг., 1766–1783 гг.) и 25 лет — в Берлине.

Сам Эйлер особое место в своей жизни отводил Петербургу. В 1749 г. он писал из Берлина: «Я и все остальные, имевшие счастье служить в Российской Императорской академии, должны признать, что всем, чем мы являемся, мы обязаны тем благоприятным ус-

ловиям, в каких мы там находились. Ибо что касается лично меня, то не будь этого счастливого случая, я был бы вынужден посвятить себя какому-нибудь другому занятию, в котором я, по всей вероятности, стал бы только кропателем. Когда его королевское величество [Фридрих II] недавно спросил меня, где я научился тому, что знаю, я ответил в соответствии с истиной, что всем обязан своему прибыванию в Петербургской академии»¹.

Подпись: Л. Эйлер, 1743 г.

Благородным и
Высокопочтенным Господином Обществу

Это ваше письмо о назначении Академии...
...и продолжении ваших...
...и при этом...
...и при этом...
...и при этом...

Благородным и
Высокопочтенным Господином Обществу

миссия действительно утвержда...
...и при этом...
...и при этом...
...и при этом...
...и при этом...

Благородным и
Высокопочтенным Господином Обществу

ответа не показывал, поэтому он...
...и при этом...
...и при этом...
...и при этом...
...и при этом...

В Берлине
18 июня 1743 г.

Почтеннейшим сыном
Леонарда Эйлера

Письмо Л. Эйлера А. К. Нартову — поздравление в связи с назначением последнего управляющим академическими делами, о назначении Эйлеру пенсии от Петербургской Академии наук, а также о предоставлении статей для «Комментариев». Берлин. 18 июня 1743 г. На рус. яз. ПФА РАН. Ф. 1. Оп. 3. N 31. Л. 202—203

Там, где «приветствуют муз»

Леонард Эйлер закончил факультет свободных искусств Базельского университета. Математиков Базельский университет не готовил, но Эйлер имел возможность слушать лекции по математике и началам астрономии Иоганна I Бернулли. Занять кафедру математики или физики в Европе было довольно сложно из-за недостатка вакансий, к тому же Эйлер был еще молод. В 1727 г., в возрасте двадцати лет, претендуя на кафедру физики в универ-

ситете родного Базеля, он не прошел даже предварительное голосование при отборе кандидатов на вакантную должность². За два года до этого сыновья его учителя — Николай II и Даниил Бернулли стали академиками созданной в Петербурге Академии наук. По рекомендации Д. Бернулли в Россию пригласили и Эйлера. Как писал И. Бернулли, «лучше несколько потерпеть от сурового климата страны льдов, в которой приветствуют муз, чем умереть от голода в стране с умеренным климатом, в которой муз презирают и обижают»³. Видимо, особые черты характера, углубленность в научный поиск позволили Эйлеру остаться в стороне от тех конфликтов и столкновений амбиций, которые сотрясали Императорскую Академию наук в ее борьбе с Академической канцелярией.

Уехав в 1741 г. в Берлин, Эйлер не прерывал ни научных, ни дружеских связей с Петербургом. Причем эти связи установились у Эйлера не только с привычным кругом «иностранных петербуржцев». Ученый старался выполнять один из важнейших пунктов академического контракта, составленного еще Петром I, — не только писать научные труды, но и обучать русских учеников, поддерживая российскую науку. Даже в Берлине в доме Эйлера жили обучавшиеся у него русские ученики: С. К. Котельников, будущий профессор математики Петербургской Академии наук; С. Я. Румовский, будущий профессор астрономии; М. Софронов, адъюнкт Академии наук. Отношение к ним их учителя было почти отеческим. Высоко ценя научные способности Котельникова, Эйлер часто сообщал о его достижениях в Петербург, что тот уже имеет преимущества перед такими европейскими математиками, как Кюн и Кастильон. «Но при этом, — писал в одном из писем Эйлер, — не надо ждать от молодого ученого сразу научных открытий, которые требуют не только знаний, но и многолетних упражнений»⁴. Много беспокойства доставлял учителю талантливый, но пьющий Михаил Софронов. С досадой и горечью писал Эйлер Г.-Ф. Миллеру о пьянстве своего ученика, которое сводило на нет его хороший характер и одаренность. И тут же, по-дружески, просил Миллера не сообщать о поведении Софронова руководителю Академической канцелярии и фактическому распорядителю финансами Академии наук И. Шумахеру. Стараясь не портить отношений с тем же всеильным Шумахером, Эйлер осторожно вступался и за М. В. Ломоносова. Пожалуй, Эйлер — один из немногих академиков XVIII в., который пользовался уважением в с е х своих коллег. Его удивительная рабо-

госпособность поражает и наших современников. По подсчетам известного историка науки Ю. Х. Копелевич, до лета 1741 г. на заседаниях Академической канцелярии (общего собрания академиков) Эйлер выступал с докладами в среднем 10 раз в год!

Говорит, читает и пишет по-русски

Многие, кто писал и кто пишет об Эйлере, часто подчеркивают его превосходство над коллегами по таланту, работоспособности, силе духа: математик на протяжении своей жизни терял зрение, сначала одного глаза, потом совсем ослеп и надиктовывал свои научные труды ученикам, производя в уме многочисленные математические расчеты. Мы же отметим еще одну особенность личности великого математика: Эйлер был одним из

немногих иностранных ученых, кто стал петербургским академиком и знал русский язык. Причем он не просто освоил устную речь, но и писал по-русски.

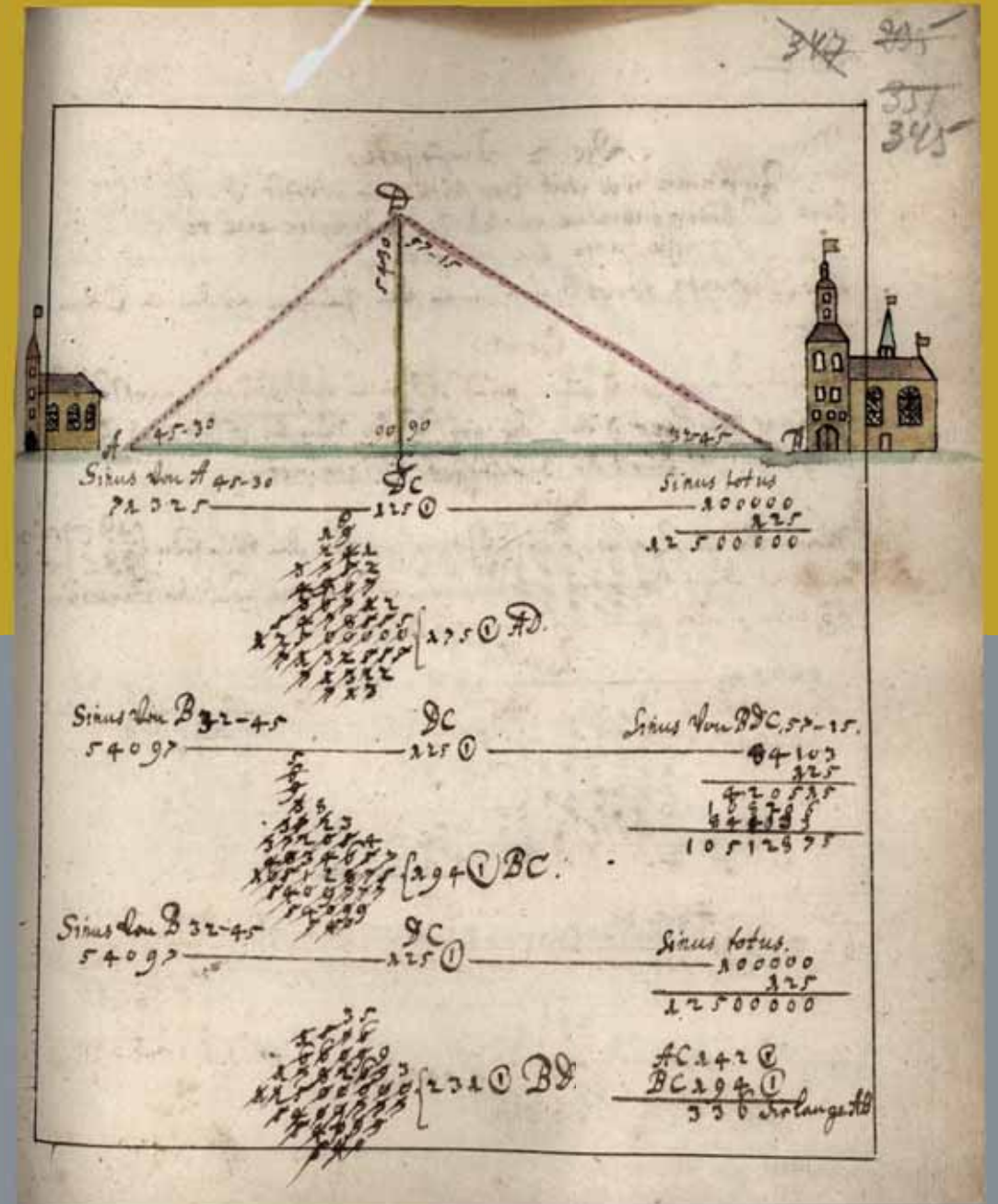
Казалось бы, особой потребности в овладении языком у него не было. Был свой круг коллег, друзей, своя церковь, газета на немецком языке, а профессиональная деятельность требовала латинского, немецкого или французского языков. Можно предположить, что многие из его петербургских коллег иностранного происхождения все-таки могли говорить и читать по-русски. А вот свидетельств о владении ими письменным русским языком сохранилось крайне мало.

Эйлер же начал изучение русского чуть ли не по пути в Россию. В его записных книжках есть русский алфавит, упражнения по склонению русских имен существительных, числительных. Когда Академия не выплачивала Эйлеру, как ее почетному члену, пенсию, то он просил в качестве компенсации высылать ему в



Одна из записных книжек Л. Эйлера

Из записной книжки 1760-х гг. ПФА РАН. Ф. 136. Оп. 1. Д. 137. Л. 345



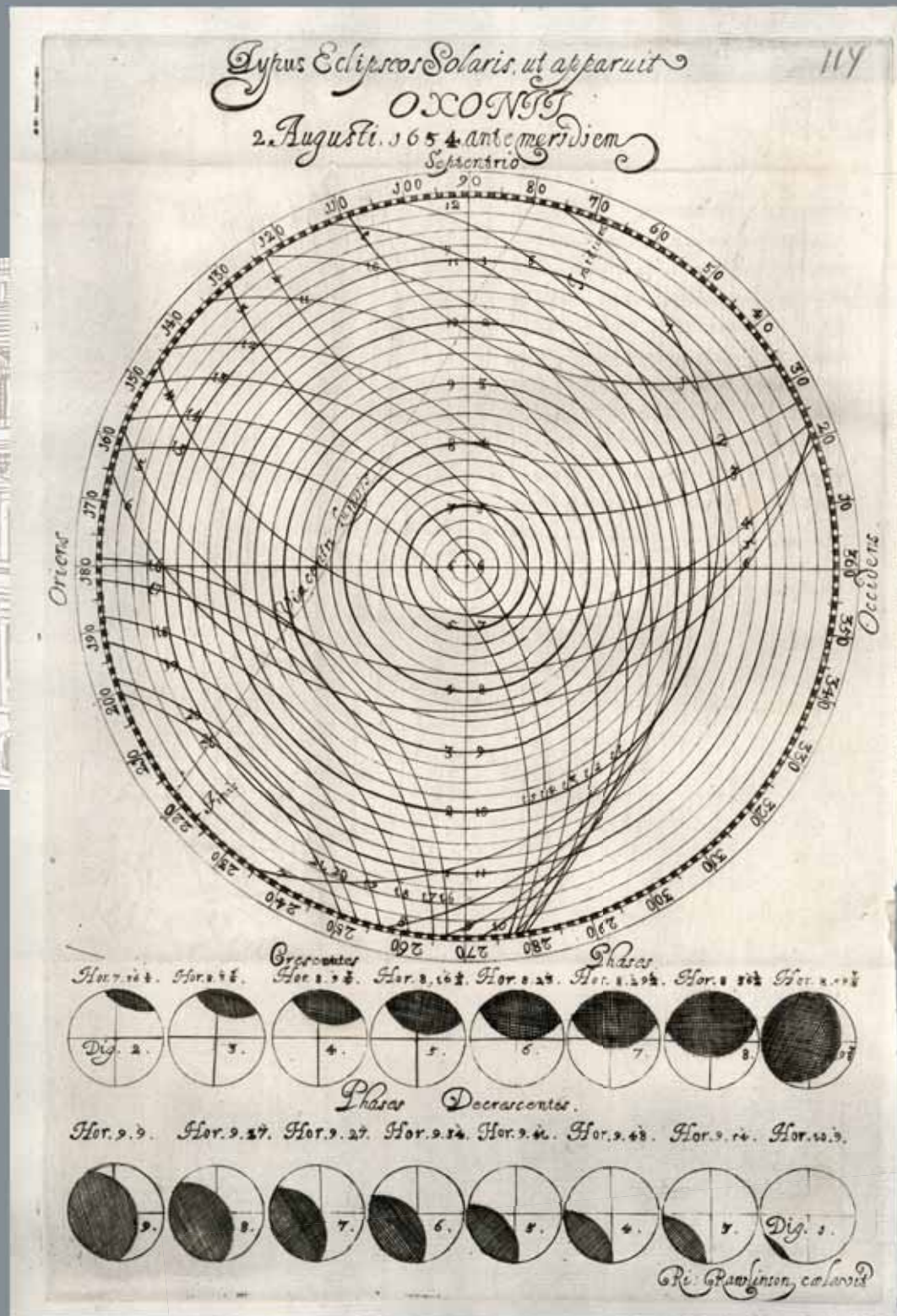
Изучение Л. Эйлером русского языка. ПФА РАН. Ф. 136. Оп. 1. Д. 130. Л. 18.

Берлин книги, в том числе и на русском языке. Так, книгу Миллера «Описание Сибирского царства ...», вышедшую в 1750 г., он просил прислать ему в издании на русском языке.

Есть свидетельство, что к 1730 г. Эйлер уже настолько хорошо владел русским, что мог быть переводчиком. Так, Я. Герман, прибывший в Петербург раньше Эйлера, но так и не освоивший русского, получив из Москвы письмо на русском языке, просил Эйлера перевести его на немецкий. Видимо, письмо носило конфиденциальный характер, так как Герман в сопроводительной

записке просил Эйлера ни письмо, ни перевод никому, кроме Д. Бернулли, не показывать⁵. Интересно, что с русскими вельможами (М. П. Бестужевым-Рюминым, М. И. Воронцовым) Л. Эйлер переписывался обычно по-французски, а со своими русскими учениками и молодыми коллегами — по-латыни. Но это правило соблюдалось им не всегда.

В 1743 г. над всесильным Шумахером нависли тучи. «Главный токарь при Петре I» А. К. Нартов в 1742 г. написал жалобу на Шумахера, а вслед за ним подали жалобу и еще некоторые служащие Академии. Шума-



хера посадили под домашний арест, и им занялась следственная комиссия, а Нартова назначили первым советником Канцелярии.

Мудрый Эйлер, знавший о борьбе Нартова с «чужестранными подданными» в Петербургской Академии, написал ему письмо по-русски с поздравлением о назначении управляющим Академией⁶. Андрей Константинович ответил тоже по-русски, сообщив о назначении Эйлера почетным членом Академии, правда, без пенсии. Пенсия могла быть назначена, уточнял Нартов, только по специальному указу императрицы⁷. Дипломатичный Эйлер заметил, что удовлетворен и одним званием⁸. Этим переписка закончилась, как, впрочем, и управление Академией А. К. Нартовым.

Другой период «писем по-русски» связан с вступлением в 1746 г. в должность президента Академии наук 18-летнего К. Г. Разумовского. Эйлер был достаточно хорошо знаком с Разумовским, который, отправившись 15-летним юношей в образовательное путешествие по Европе под надзором Г. Н. Теплова, учился в Берлине математике у Эйлера. Более того, из письма Эйлера мы знаем, что Разумовский был крестным отцом одной из дочерей ученого.

Как и со многими своими учениками, Эйлер переписывался с президентом Академии по-немецки и по-французски, но в 1747–1748 гг., когда новый президент Академии обратил внимание на русскую составляющую петербургской науки и стремился замещать академические

380

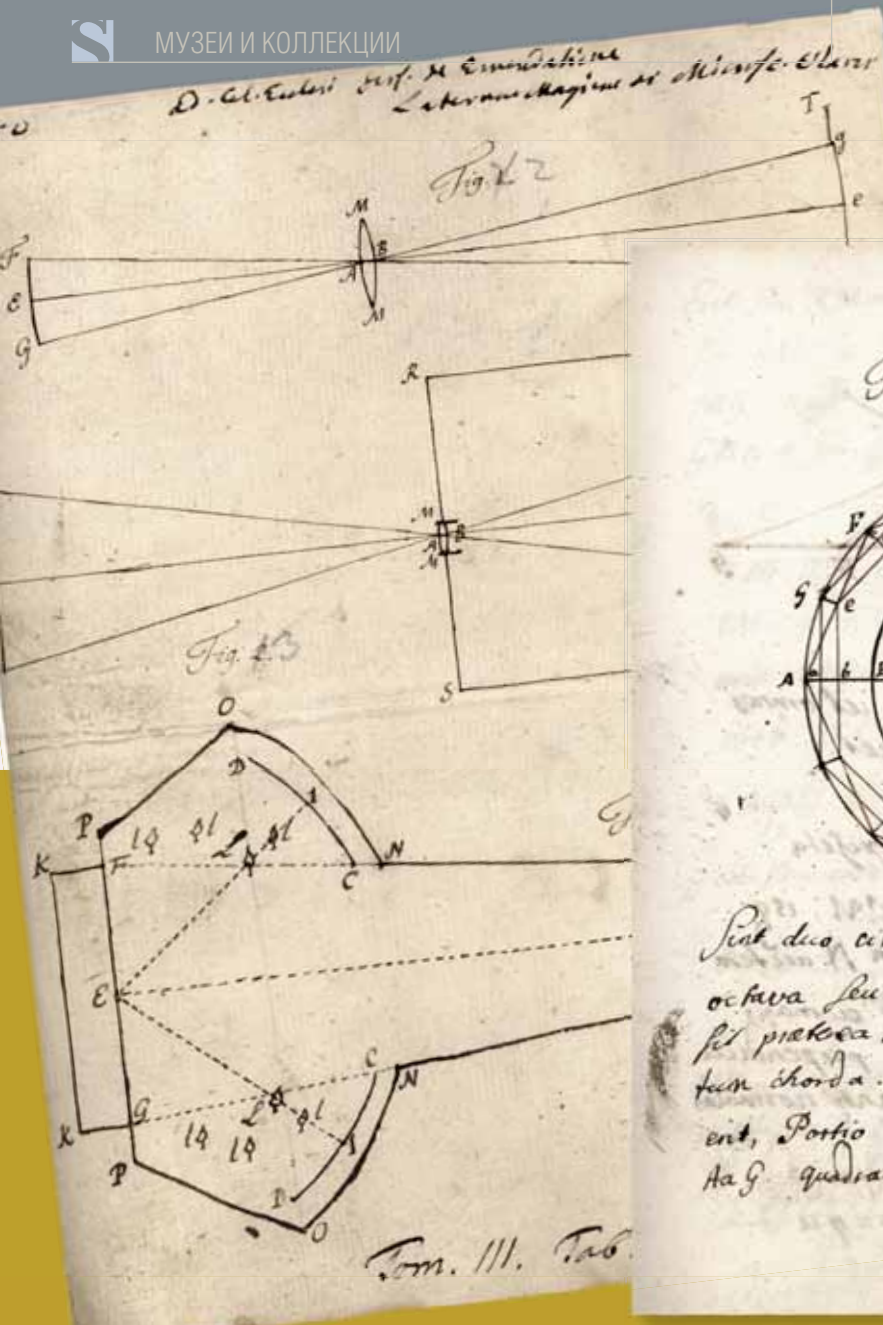
Theorema Hydrostaticum

Sit vas, cuius sectio verticali ECF, aqua immersum usq. ad AB ^{partis submersae} O epo. centri magnitudinis, G centri gravitatis totius vasis; erit firmitas, qua vas in hoc situ perseverabit, seu vis restituens eas, si secundum planum ECF ex statu equilibrium deturbaretur ut $\frac{1}{2} AB^2 + ABC \cdot OG$.

Et si vas fuerit inclinatione ita ut O et G non amplius sint in recta verticali erit vis in pristinum situm vas restituens ut $\frac{1}{2} AB^2 + ABC \cdot G_0$.

Ex Sterlingii Methodo Differentiali si terminus serici indicis n fuerit = $\frac{A}{n} + \frac{B}{n(n+1)} + \frac{C}{n(n+1)(n+2)} + \dots$ erit terminus sequens = $\frac{A}{n} + \frac{B-A}{n(n+1)} + \frac{C-2B}{n(n+1)(n+2)} + \frac{D-3C}{n(n+1)(n+2)(n+3)}$ etc.

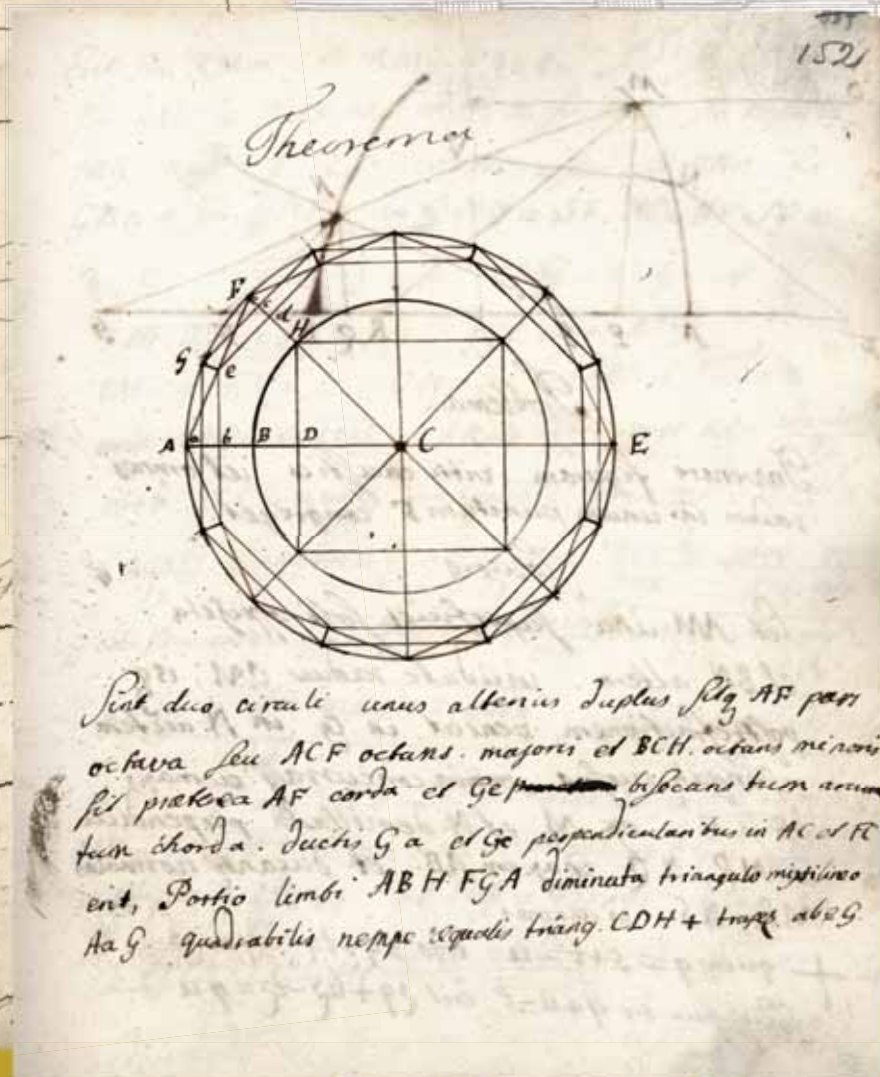
Из записной книжки Л. Эйлера «Adversaria mathematica». 1736—1740 гг. ПФА РАН. Ф. 136. Оп. 1. Д. 131. Л. 38 об.



Усовершенствование волшебного фонаря и солнечного микроскопа. На лат. яз. 1753 г. ПФА РАН. Р. III. Оп. 1. Д. 92. Л. 275

вакансии в первую очередь учениками русского происхождения, стал переписываться и по-русски. В 1750 г. Разумовский от имени императрицы Елизаветы предложил Эйлеру вернуться в Петербург, обещая принять все условия ученого, держать переговоры в строгом секрете и вести переписку через специального курьера. Эйлер отговорился, ссылаясь на плохое здоровье.

Несколько писем в те же годы Эйлер написал по-русски Г. Н. Теплову, при этом сам Теплов отвечал ему на французском языке. Даже расписку в получении денег 17 октября 1747 г. Эйлер написал по-русски.



О зажигательном стекле. ПФА РАН. Ф. 136. Оп. 1. Д. 129. Л. 152

Враг всякого притеснения...

Вряд ли ученый обращался к русскому языку только из-за требований «текущего момента». Он серьезно и с пониманием относился как к задаче воспитания русских ученых, так и к тому, что они должны занимать подобающее место в своей Академии.

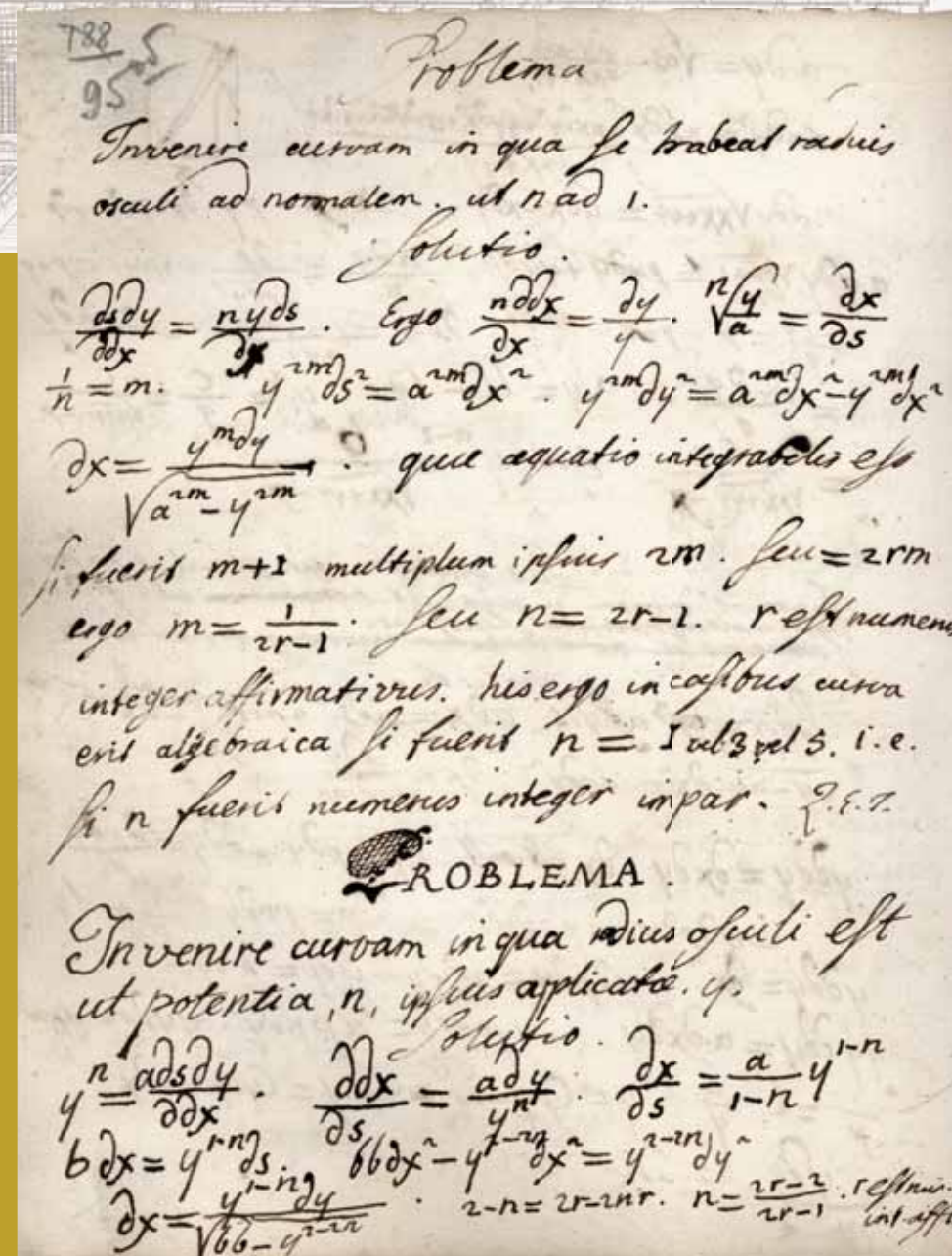
Эйлер выучил русский и по возможности пользовался им не из конъюнктурных соображений. Он следовал установившейся традиции и первоначально своим коллегам-математикам (Д. Бернулли, Хр. Гольдбаху)

Дифференциальная геометрия и вариационное исчисление. ПФА РАН. Ф. 136. Оп. 1. Д. 129. Л. 95 об.

писал по-латыни, потому что письма эти были, скорее, научные статьи, чем просто переписка. Немецкий и французский также были тогда в научном обиходе ученых. Но если бы в России было принято писать письма по-русски, то и Эйлер делал бы это на языке страны, которая дала ему возможность развить свои научные таланты. Он, как никто из его коллег в Петербурге, был к этому готов.

Вот один пример, который мог бы подтвердить слова об отсутствии у Эйлера желания выслужиться, следуя новой (но, заметим, недолгой), тенденции к утверждению в Академии наук отечественных ученых и их родного языка. 31 января 1748 г. Эйлер написал Шумахеру о предложенной Берлинской Академией наук премии за решение задачи об образовании селитры. Ученый считал, что никто лучше Ломоносова с этой задачей не справится, и что было бы хорошо, если бы премию получил член Петербургской Академии, да к тому же русский.

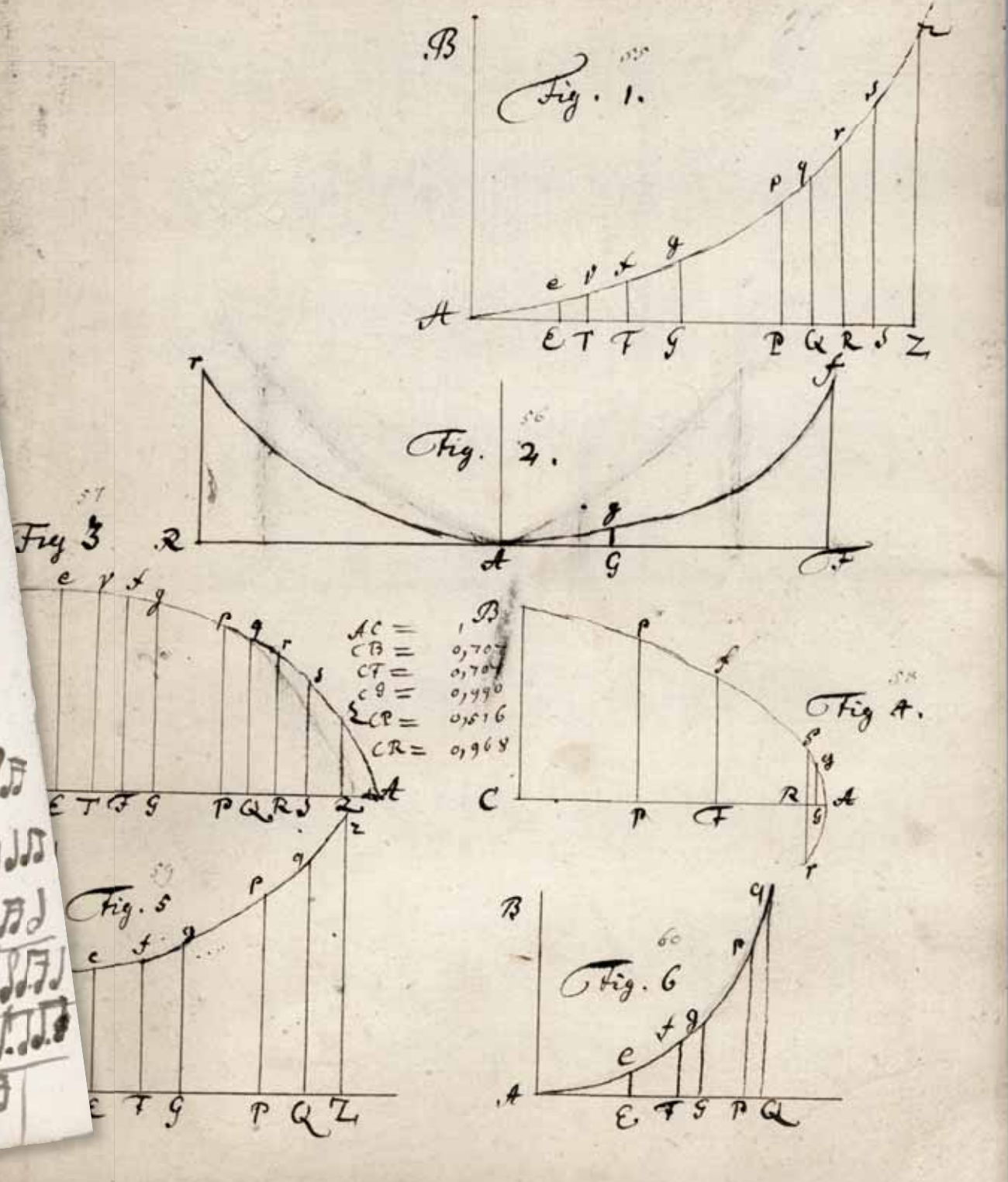
Чуткий до новых установок царского двора советник Канцелярии это понимал. Но в ответном письме Эйлеру в Берлин писал, что хотя, М. В. Ломоносов, по его словам, книгу на конкурс и отослал, но



PROBLEMA

Invenire curvam in qua radius osculi est ut potentia n, ipsius applicatae. q.

Solutio. ddy = ny ds. Ergo nddx = dy. n/y = dx/ds. 1/n = m. y^m ds^2 = a^m dx^2. y^m dy^2 = a^m dx^2 - y^m dx^2. dx = y^m dy / sqrt(a^m - y^m). que aequatio integrabilis est si fuerit m+1 multiplum ipsius 2m. seu = 2rm. ergo m = 1/(2r-1). seu n = 2r-1. rest numerus integer affirmativus. his ergo in casibus curva erit algebraica si fuerit n = 1 vel 3 vel 5. i. e. si n fuerit numerus integer impar. Q.E.D.



стараться для него не обязательно, потому что президент Академии в Ломоносове не заинтересован.

Однако Эйлер продолжал беспокоиться о книге Ломоносова и, более того, в одном из писем Шумахеру писал, что Ломоносов своими знаниями оказывает честь как Академии, так и своему народу⁹.

Один из учеников Эйлера — Н. Фус, выступая на заседании Академической канцелярии после смерти своего учителя, говорил, что Эйлер «был правдив и добродушен в высочайшей степени. Непримируемой, будучи враг всякого притеснения, имел твердость духа осуждать оное и против его вооружаться, не взирая на лицо и обстоятельства».

О многом говорит и тот факт, что уход из жизни Леонарда Эйлера его ученики и те, кто «имели щастие пользоваться его наставлениями» — его сын И. А. Эйлер, С. К. Котельников, С. Я. Румовский, Л. Ю. Крафт, А. И. Лексель, П. Б. Иноходцев, племянник Ломоносова М. Е. Головин, Н. Фусс — восприняли как большое личное горе.

А внимательное отношение Эйлера к русскому языку — языку его второй родины — привносит дополнительный штрих к характеру этого великого человека.

Из рукописи «О сравнении дуг несправляемых кривых». Лат. яз. 1750-е гг.
ПФА РАН. Ф. 136. Оп. 1. Д. 52. Л. 26

Леонард Эйлер

207 № 178 228

Поуна ея Императоре и кз
 величества пелубно Эйлеру
 при андвм и сном на лехи
 послатб на прогзав денегъ сло
 прищдтв рдблвв пелубв
 ере профессора даниля бернхн
 записав просю еро списного
 и нащдтв андвмгденнн п
 спадитв. Книгав титровъ
 бтуб 1726 года декабря 17 дн
 Laurent. Blumentrost

«Архив Эйлера принадлежит России, однако издание собрания сочинений Эйлера осуществляется в Швейцарии. В его подготовке участвовали выдающиеся русские математики А. М. Ляпунов, А. Н. Крылов, А. А. Марков и В. И. Смирнов. Лучшие умы России старались сохранить идейное наследие Эйлера, о котором В. И. Смирнов, перефразируя фразу Гете о Моцарте, писал: «Эйлер всегда останется чудом, которое не подлежит объяснению». Уже увидели свет 60 томов Leonhardi Euleri Opera Omnia, а завершить 72-томное издание намечено в этом году».
 (проф. С. С. Кутателадзе, ИМ СО РАН, Новосибирск)

Определение президента Петербургской Академии наук Л. Блюментроста о назначении Л. Эйлера на службу в АН и о посылке ему денег на проезд в Россию. 17 декабря 1726 г. ПФА РАН. Ф. 3. Оп. 1. Д. 417. Л. 228.

¹ Цит. по кн.: Копелевич Ю. Х. Эйлер — член Петербургской Академии наук, действительный и почетный // Развитие идей Леонарда Эйлера и современная наука. — М., 1988. — С. 47.
² См. комментарий к тексту «Похвальной речи покойному Леонарду Эйлеру...» Н. Фуса // Развитие идей Леонарда Эйлера и современная наука: Сб. статей. — М., 1988. — С. 379—380.
³ Цит. по ст.: Лаврентьев М. А. Вступительная речь на юбилейной научной сессии, посвященной 250-летию со дня

рождения Леонарда Эйлера // Леонард Эйлер: Сб. статей в честь 250-летия со дня рождения, представленных в АН СССР. — М., 1958. — С. 9.
⁴ Там же. С. 192.
⁵ ПФА РАН. Ф. 136. Оп. 2. Д. 4. Л. 5—5 об.
⁶ ПФА РАН. Ф. 1. Оп. 3. Д. 31. Л. 202—203.
⁷ ПФА РАН. Ф. 1. Оп. 3. Д. 33. Л. 33—33 об.
⁸ ПФА РАН. Ф. 1. Оп. 3. Д. 31. Л. 201 об.
⁹ ПФА РАН. Ф. 1. Оп. 3. Д. 37. Л. 124—125.

Святелнтьйшй Грасфз
 Милостивой Государь

67

Леонгардъ Эйлеръ

Вашему Биснографскому Свателству гестъ и нитво
 нидайше донести, что и лонечно отъ Т. Эхлица послвдну б
 резолюциб получилъ на оныя предложенія, который по вашего
 Свателства прилазу и ему урнинилъ: ноъ его собственнаго письма
 котораго здтвс прилагав, ваше Свателство прирнны усмотритъ
 будетъ, таиъ дла поторыхъ онъ своимъ отвѣтствованнмъ таиъ
 делла медлилъ, таиъ и дла того онъ урнинилъ ему предложенія
 принятъ не можитъ. Онъ пишеть, что съ одной стороны его здоро
 вл не таиъ твердое, что онъ къ воспріятію таиъ великаго пиере,
 мѣненія заимвнитскъ мога, а что съ другою стороны, его нынѣшнне
 состояніе таиъ хорошое, что онъ твердуб наущдуб къ доброй
 оупредѣленію въ своемъ отвѣствѣ итвннѣ.

Архив
 А. И. СССР
 Ф. 3
 Оп. 3
 № 37

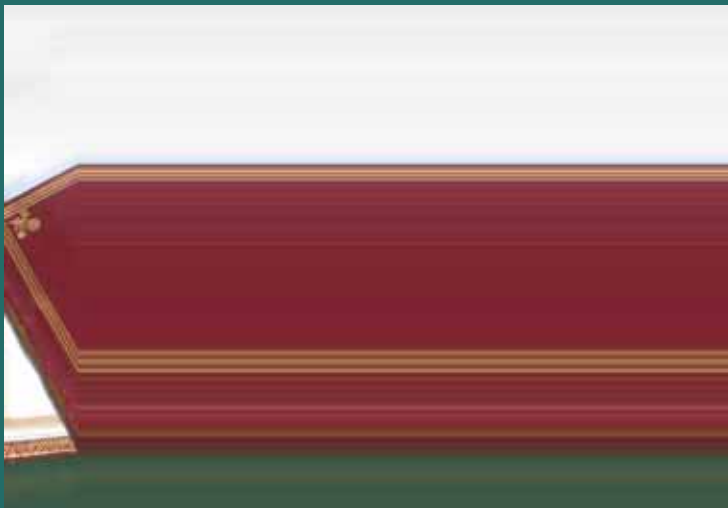
Письмо Л. Эйлера К. Г. Разумовскому — ученику Эйлера и президенту Петербургской Академии наук. В нем он пишет об отказе лейпцигского математика Х.-Ф. Эхлица принять приглашение в Петербургскую Академию наук, а также сообщает о том, что рукопись своего труда о корабельном управлении отправил в Петербург. На рус. яз. Берлин, 22 июня 1748 г. ПФА РАН. Ф. 1. Оп. 3. Д. 37. Л. 116—117

Н. А. КОПАНЕВ

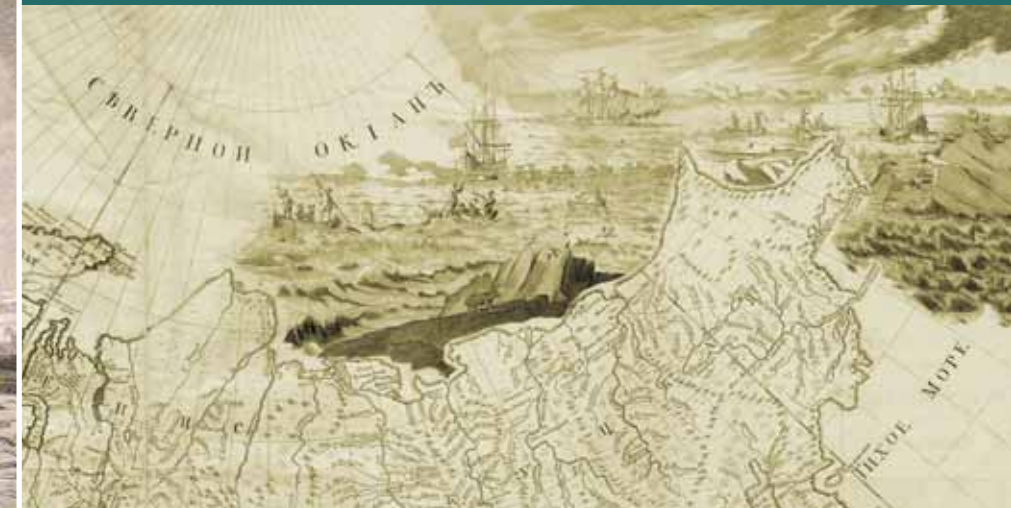
Дар Франклина



КОПАНЕВ Николай Александрович — кандидат исторических наук, руководитель Центра изучения эпохи Просвещения «Библиотека Вольтера» (Российская национальная библиотека) (Санкт-Петербург). Кавалер Ордена Почетного Легиона (Франция). Автор более 70 научных работ



Екатерине II



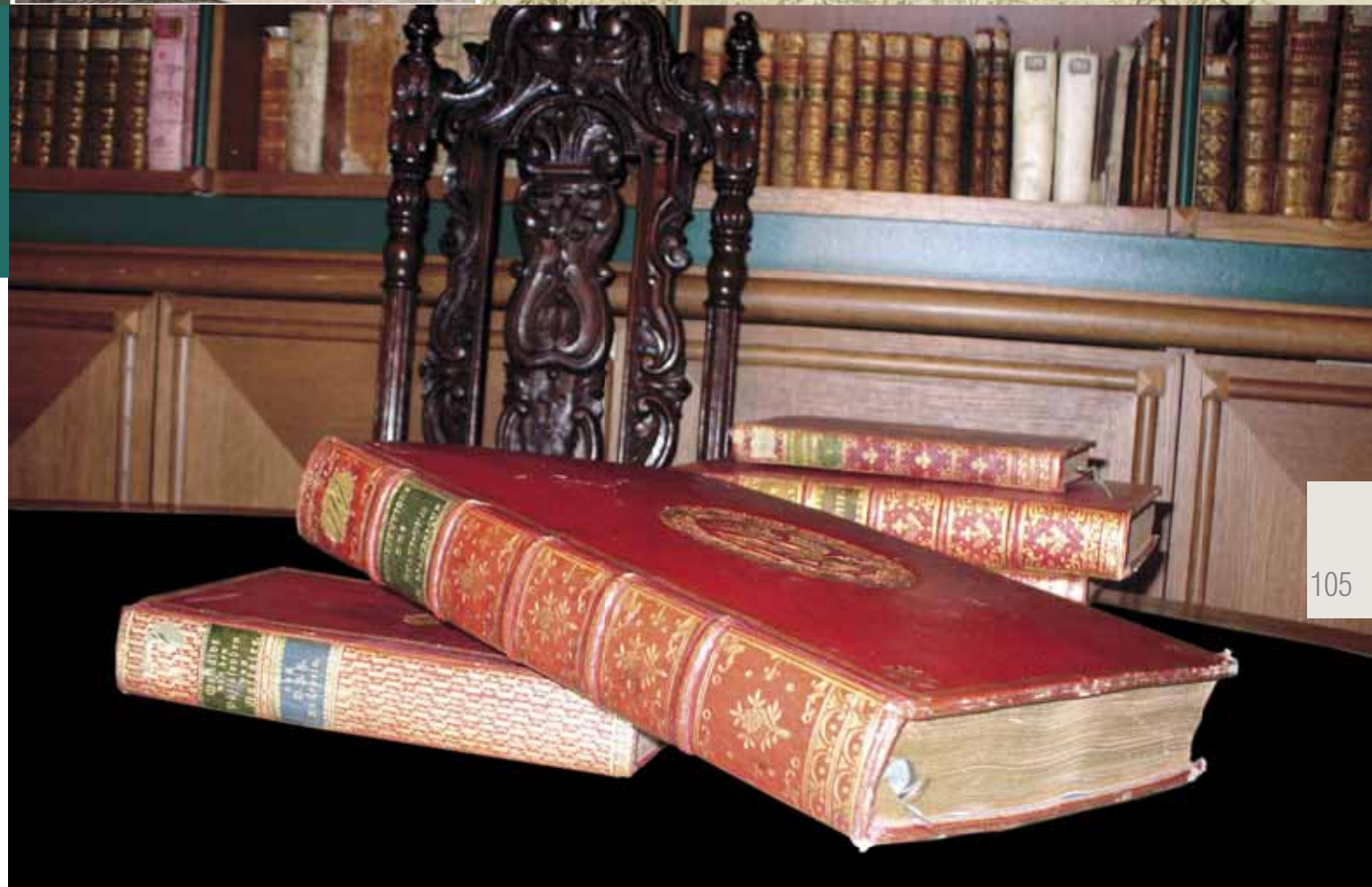
Осенью 1779 г. в Санкт-Петербург пришло тревожное известие от иркутского генерал-губернатора Ф. Н. Клички о появлении в районе Чукотки «нераспознанных» иностранных судов. Речь шла о кораблях третьей экспедиции (1776—1780 гг.) Джеймса Кука, которые возвращались после смерти своего капитана с Гавайских островов. Русский двор отнесся к этой информации с полной серьезностью, что и неудивительно: по воле исторического развития Россия вошла в непосредственное соприкосновение и противоборство с самой могущественной морской державой того времени — Англией

Первая «американская доктрина»

Завоевание, освоение и картографирование Канады и всего американского континента английской стороной проводилось жестко и, конечно, без учета интересов Российской Империи. На английских картах американские земли, открытые русскими, получали английские названия; игнорировались или прямо присваивались многие достижения русской географической науки.

Началу первых прямых контактов русских официальных представителей с Бенджамином Франклином — послом во Франции самопровозглашенных Соединенных Штатов Америки, мы обязаны именно факту появления кораблей английской экспедиции Джеймса Кука у берегов Чукотки.

В декабре 1779 г. русский посол во Франции И. С. Бярятинский доносил вице-канцлеру Н. И. Панину: «В силу приказанья Вашего сиятельства от 11 октября, касательное по дошедшему рапорту от иркутского генерал-губернатора господина Ф. Н. Клички о показавшихся при островах Чукоцких берегов двух кораблях, полагаемых из Канады, с Франклейном партикулярным разговором я осведомлялся, не имеет ли он каковых сведений, какие могли быть те корабли и не имеет ли он карты положению тех морей и предполагаемому пути от Канады до Камчатки? Франклейн отвечивал, что до сего времени, поелику ему известно, путь сей еще, конечно, не найден, следовательно, и карт не имеется. Ему только известно, что есть в одном старинном ги-



Под документами, ставшими основой независимости США, стояли подписи не только Франции, Англии и Испании, но и России

шпанском писателе, которого имя он не упомнит, якобы с пролива, называемого Гутзон, который лежит выше Канады, в земле, называемой Лабрадор, выходили суда и доходили до Японии; но ему мнится, что сей путь, если и найдут, будет весьма трудным, дабы не сказать невозможным; о показавшихся же помянутых судах он думает, что оные есть или японские, или англичанин Кук, который поехал из Англии тому три года объезжать свет»¹.

Можно представить себе чувства Екатерины II, всегда отличавшейся англофилией и даже в бытность свою великой княгиней получавшей значительные суммы в подарок от английского посла.

Но политика есть политика. Охлаждение отношений с Англией стало явным. Оно происходило на фоне улучшения, после смерти Людовика XV, русско-французских отношений. Эти события стали основой для провозглашения уже 27 февраля (9 марта) 1780 г. Екатериной Великой известной Декларации о военном нейтралитете, по существу, открывшей для США путь к реальной независимости. Значение этой Декларации было столь значительным для молодого государства «тринадцати американских штатов», что несколько позже четвертый президент США Джеймс Мэдисон писал уже о ней как о «американской доктрине» и подчеркивал, что эта инициатива русского правительства составила «эпоху в истории морского права».

Замечательное значение для судьбы американского континента имело участие России и в других переговорах — с начала 1780-х гг. вплоть до Версальского конгресса 1783 г. Напомним, что именно в ходе этого конгресса был произведен первый глобальный передел мира между великими державами того времени.

Версальский мир

В сентябре 1783 г. в Версале были подписаны англо-французские и англо-испанские предварительные мирные соглашения, оговаривавшие среди множества других проблем и независимость тринадцати штатов Америки. Представители США, Франклин и Адамс, официально не были допущены до этой основной фазы Конгресса, на чем настояла Англия. Вопрос о территории США, и это важно подчеркнуть, решался другими странами при посредничестве двух империй — Российской и Австрийской.

Удивительно, но сейчас малоизвестен факт, что под документами, ставшими основой независимости США, стояли подписи не только Франции, Англии и Испании, но и России. Практически забыто свидетельство родственника И. С. Барятинского историка Д. Н. Бантыш-Каменского: «Сверх многих успешных переговоров, произведенных им [Барятинским] в Париже с тамошним министерством, подписал он вместе с Цесарским послом в качестве посредников, заключенный в Версалии мир, 1783 года, сентября третьего дня, нового стиля, между Франциею, Англиею и Испаниею, причем получил портреты трех государей означенных держав, осыпанные крупными бриллиантами»². Заметим, что американским представителям на Версальском конгрессе также предлагалось получить «поощрительные» золотые табакерки с миниатюрой английского короля Георга III, усыпанные бриллиантами, но они от подарка отказались³.

В тот же день в Париже был подписан окончательный мирный договор между Великобританией и США, ставший последним аккордом Версальского конгресса. На этот раз по настоянию английской короны русско-австрийское посредничество было отклонено, но Франклин смог подчеркнуть значение России и на этой стадии переговоров.

Вот как описал заключительный эпизод дипломатического признания США Н. Н. Болховитинов: «Уже после официального подписания договора Б. Франклин “приватно” передал его текст русским уполномоченным, которые почли “за долг” представить этот документ Екатерине II. В связи с окончанием войны в Америке

Б. Франклин также переслал И. С. Барятинскому для передачи Екатерине II «Книгу конституции Соединенных Американских Провинций и медаль, выбитую на их независимость»⁴.

Итак, мы видим, что среди символов независимости США, отмеченных в дипломатических документах и письмах времен Версальского конгресса, наряду с текстами договоров, медалью в честь независимости США и официальными подарками послам, значилось также издание Конституции США, выпущенное Франклином в 1781 г. на английском и 1783 г. на французском языках.

К счастью, этот экземпляр, отправленный Франклином Екатерине II в сентябре 1783 г.⁵, сохранился



в фондах Российской национальной библиотеки, куда он попал из библиотеки Эрмитажа, а точнее, из комнатной библиотеки русской императрицы.

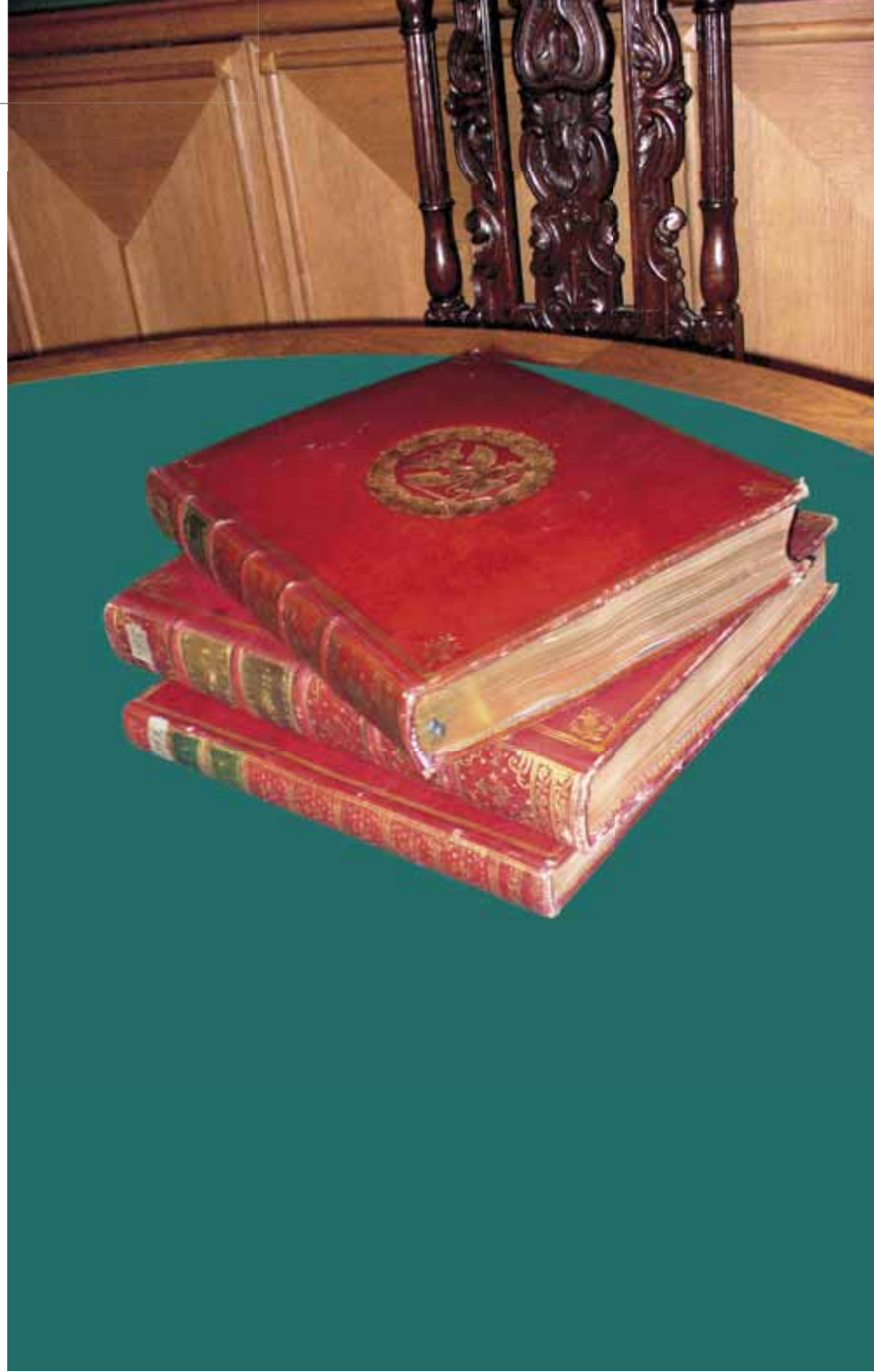
Конституция в красном сафьяне

«Книга конституции Соединенных Американских Провинций», полученная в дар Екатериной II, переплетена в красный сафьян, богато украшенный золотым тиснением в стиле французских переплетов того времени. В центре переплета сделанный золотом оттиск русского императорского герба в обрамлении венка. На оборотной стороне переплета имеются многочисленные библиотечные шифры, начиная от первого шифра комнатной библиотеки Екатерины II (584. а.), поставленного ее личным библиотекарем А. И. Лужковым.

Переплет книги заслуживает особого внимания. Подобные переплеты с оттисками гербов были на нескольких десятках парижских изданий 1770–1780-х гг., находившихся в личном собрании русской императрицы.

Это позволяет выдвинуть несколько версий их происхождения. Первая, наиболее простая, это то, что книги, передававшиеся Екатерине II через русского посла в Париже, там же и переплетались у привилегированного мастера.

Этим может объясняться полное сходство переплетов «Конституции тринадцати Соединенных Провинций Америки» и вышедшей в том же 1783 г. работы П. Шабри «Французская монархия», которая тоже была подарена (и имела посвящение) Екатерине II. На экземпляре книги П. Шабри двуглавый орел не имеет декоративного обрамления, но очевидно, что при работе мастер использовал один и тот же переплетный штампель.



Возвращаясь к Екатерине II, следует отметить тот факт, что Франклин послал ей «Книгу конституции» именно на французском языке, которым она свободно владела и, видимо, предпочитала английскому. Во всяком случае, примерно в то же время Екатерина распорядилась купить для нее «Собрание сочинений» Франклина в двух томах, причем в «высочайшем» заказе, сохранившемся в делах Романовых⁶, речь шла именно о французском издании трудов американского философа и политического деятеля.

Екатерина II читала и ценила Франклина, взгляды которого во многом ей импонировали. Речь идет, конечно, не о демократических лозунгах и антимонархических положениях конституции Пенсильвании, а общефилософском взгляде на религию и естествознание. Многие положения философии Франклина напоминали русской императрице об уже усопшем Вольтере — ее верном корреспонденте и литературно-политическом посреднике.

¹ Цит. по кн.: Болховитинов Н. Н. *Россия и война США за независимость. 1775–1783. М., 1976. — С. 29.*

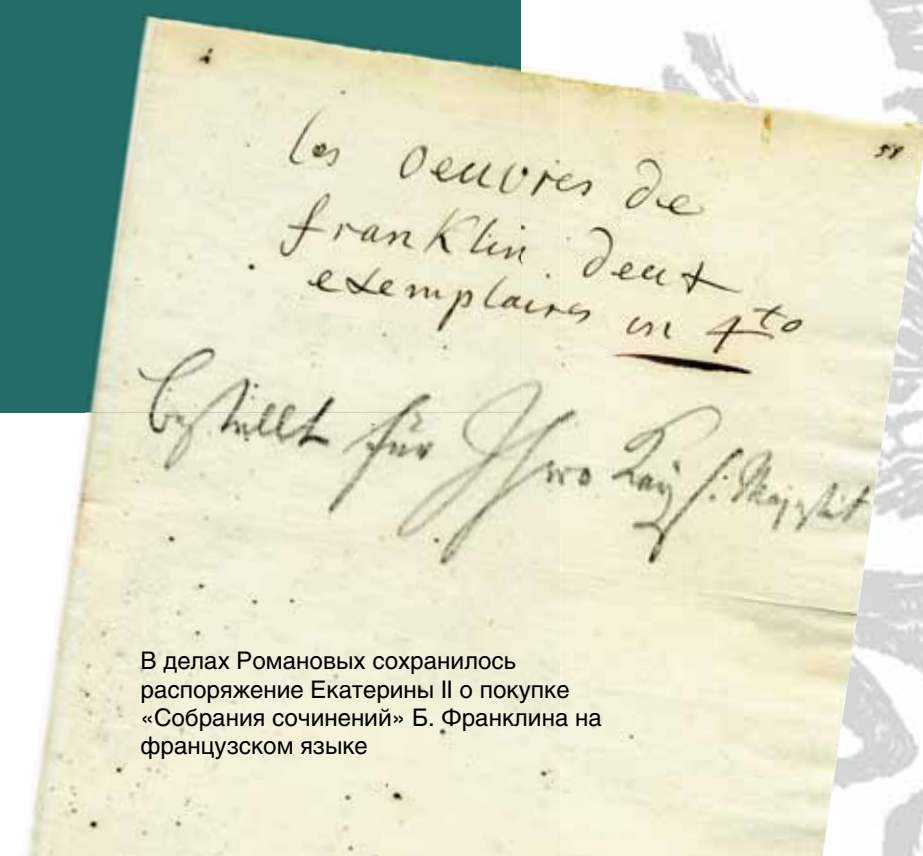
² *Словарь достопамятных людей русской земли. Ч. 1 / Сост. Д. Бантыш-Каменский. М., 1836. — С. 198.*

³ Плешков В. Н. *Бенджамин Франклин — первый американский дипломат // Философский век. Альманах 31. СПб., 2006. — С. 32.*

⁴ Болховитинов Н. Н. *Там же. С. 84–85.*

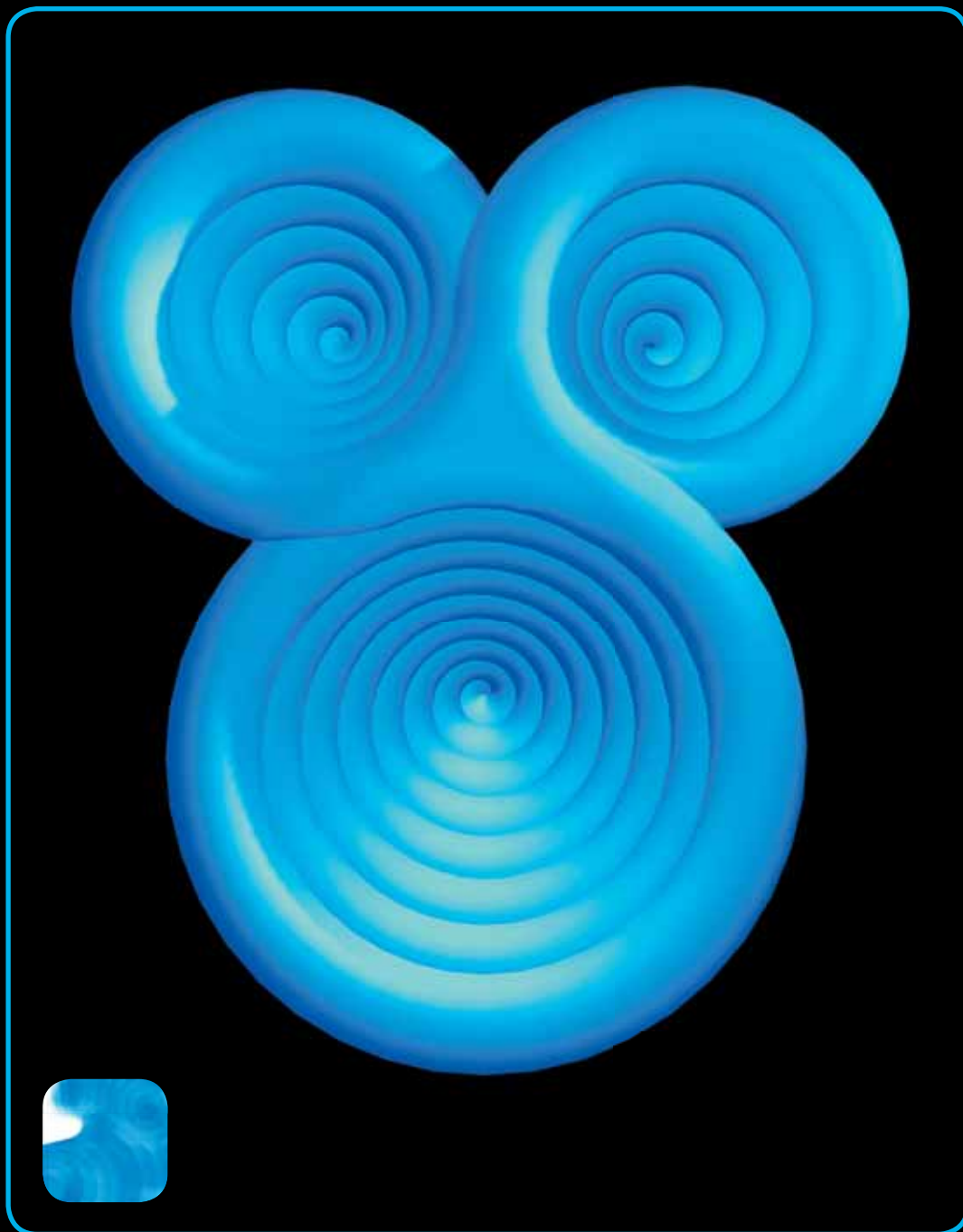
⁵ *Costitutions des treize Etats-Unis de l'Amerique. A Philadelphie et se trouve A Paris. Chez Ph.-D. Pierres, Imprimeur Ordinaire du Roi, rue Saint-Jaques; Pissor, per&fils, Libraires, quai des Augustins, 1783. Переводчиком текста с английского на французский был герцог Луи-Александр Де Ларошфуко Д'Авиль (1743–1792), французский политический деятель, член Парижской академии наук, состоявший в переписке с Петербургской академией наук и с Е. П. Дашковой. Книга была названа в статье С. В. Королева «French books with Catherine II's coat of arms from the former Hermitage Library» (Cahiers du Monde russe. 47/3. Juillet–septembre 2006. P. 659–666). К сожалению, исследователь не связал судьбу этого экземпляра с историей русско-американских отношений.*

⁶ РНБ. Отдел рукописей. Ф. 650. Романовы. Императорский Дом. № 432. Л. 5. Благодарю Б. А. Градову, хранителя Отдела рукописей, за любезно предоставленную мне информацию.



В делах Романовых сохранилось распоряжение Екатерины II о покупке «Собрания сочинений» Б. Франклина на французском языке

Вторая, менее вероятная, но возможная версия — переплеты делались в России при эрмитажной библиотеке. Но не исключены и другие варианты: так, например, в конце 1720-х гг. переплетный герб Петра I (с двуглавым орлом с императорскими регалиями) был передан амстердамской издательской фирме Янсон-Вейсберг. При этом случалось, что книги специально отсылались для переплета из Петербурга в Голландию, особенно тогда, когда речь шла о подарках «высочайшим персонам». Несколько таких экземпляров сохранилось в фонде редких книг Библиотеки РАН в Санкт-Петербурге и в Российской национальной библиотеке.



Изображение спиральных атомных ступеней высотой в одно межплоскостное расстояние (0,31 нм) на поверхности кремния (111).
Атомно-силовой микроскоп (Е.Е. Родякина, С.С. Косолобов, А.В. Латышев).
Из архива ЦКП СО РАН «Наноструктуры»