

Познавательный журнал для хороших людей

НАУКА

из первых рук

www.scfi.ru

2⁽⁵⁶⁾ ● 2014

«РЕДАКТОРЫ»
ГЕНОМОВ

БУДУЩЕЕ
ГЛОБАЛЬНОЙ
ЭНЕРГЕТИКИ

РЕАБИЛИТАЦИЯ
«МОЗГОВЫХ
КАТАСТРОФ»

ЧУКОТСКАЯ
ЭКСПЕДИЦИЯ
И. П. ТОЛМАЧЕВА



Смотрящие
в ОГОНЬ





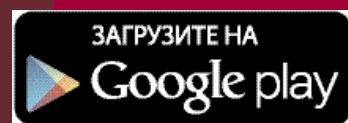
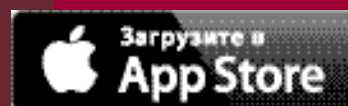
Журнал «НАУКА из первых рук» и его английская версия *SCIENCE First Hand* теперь доступны в электронном виде для **iPad, iPhone** и мобильных устройств на базе **Android**.

Новые номера журнала будут размещаться в мобильных приложениях сразу после выхода в печать. Планируется представить в приложениях все архивные выпуски журнала с 2004 г.

Только в мобильных приложениях будут доступны тематические выпуски.

Делитесь ссылками с друзьями, пишите нам отзывы и пожелания.

Приложения Вы можете установить прямо сейчас!



www.sciencefirsthand.ru

На первой странице обложки:

Джеймс Уотсон, Фрэнсис Крик и их модель ДНК.
1953 г. Credit: SPL/East News

2. 2014
научно-популярный журнал



НАУКА

из первых рук



В НОМЕРЕ:

Хотя никто не заказывал Александру Флемингу открытие пенициллина, а Ван Гогу – «Подсолнухи», это не помешало российским чиновникам отнести науку к сфере услуг наряду с живописью и кинематографией

За последние полвека человечество использовало вдвое больше энергетических ресурсов, чем за всю историю своего существования

Искусственные молекулярные системы, созданные по образу и подобию бактериальных, способны вносить изменения в «святая святых» живой клетки – ее геном

Открытию Северного морского пути, по которому пошли торговые рейсы между Владивостоком и Колымой, способствовала Чукотская экспедиция И. П. Толмачева 1909—1910 гг.

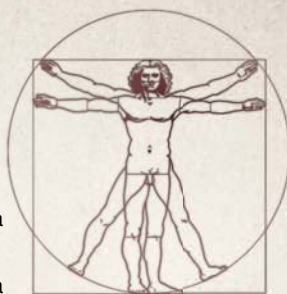
Познавательный журнал
для хороших людей

Редакционная коллегия

главный редактор
акад. Н. Л. Добрецов
заместитель главного редактора
чл.-кор. В. И. Бухтияров
заместитель главного редактора
акад. В. В. Власов
заместитель главного редактора
чл.-кор. Н. В. Полосьмак
заместитель главного редактора
акад. В. Ф. Шабанов
ответственный секретарь
Л. М. Панфилова
акад. И. В. Бычков
акад. М. А. Грачев
акад. А. П. Деревянко
чл.-кор. А. В. Латышев
к. ф.-м. н. Н. Г. Никулин
акад. В. Н. Пармон
акад. Н. П. Похиленко
д. ф.-м. н. М. П. Федорук
акад. М. И. Эпов

Редакционный совет

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



«Естественное желание хороших
людей – добывать знание»

Леонардо да Винчи

Периодический научно-популярный журнал

Издается с января 2004 года

Периодичность: 6 номеров в год

Учредители:

Сибирское отделение Российской
академии наук (СО РАН)

Институт физики полупроводников
им. А. В. Ржанова СО РАН

Институт археологии и этнографии
СО РАН

Лимнологический институт СО РАН

Институт геологии и минералогии
им. В. С. Соболева СО РАН

Институт химической биологии
и фундаментальной медицины СО РАН

Институт нефтегазовой геологии
и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН

ООО «ИНФОЛИО»

Издатель: ООО «ИНФОЛИО»

Адрес редакции и издателя:
630090, Новосибирск,
ул. Золотодолинская, 11
Тел.: +7 (383) 330-27-22, 330-21-77
Факс: +7 (383) 330-26-67
e-mail: zakaz@info-press.ru
e-mail: editor@info-press.ru

www.ScienceFirstHand.ru

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

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

ISSN 1810-3960

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии
ООО «ИД „Вояж“» (Новосибирск)

Дата выхода в свет 14.07.2014

Свободная цена

Перепечатка материалов только
с письменного разрешения редакции

© Сибирское отделение РАН, 2014

© ООО «ИНФОЛИО», 2014

© Институт физики полупроводников
им. А. В. Ржанова СО РАН

© Институт археологии и этнографии
СО РАН

© Лимнологический институт СО РАН

© Институт геологии и минералогии
им. В. С. Соболева СО РАН

© Институт химической биологии
и фундаментальной медицины СО РАН

© Институт нефтегазовой геологии
и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН

Дорогие друзья!

За окном лето – одно из самых любимых и долгождан-
ных времен года, особенно для нас, сибиряков. Недаром
Марк Твен писал: «чтобы увидеть лес в свежем, вели-
колепном убранстве сверкающей зеленой листвы, как
бы охваченный бурной радостью жизни, лес, который
может заставить вас кричать или плакать от восторга,
надо побывать в странах, где лютая зима».

Надеемся, что именно такой теплой летней нотой
станет публикация, посвященная 50-летию юбилею
Гербария им. И. М. Красноборова Центрального сибир-
ского ботанического сада СО РАН; говоря современным
языком, нашему старейшему «центру коллективного
пользования». Ведь благодаря содержимому «покрытых
пылью десятилетий» гербарных шкафов перед нами
открывается мир щедрой и хрупкой сибирской природы.
И люди – увлеченные и преданные своему делу, готовые
месяцами жить в палатках, идти в маршруты в любую
погоду, переправляться через бурные реки и терпеть
таежный гнус, чтобы собрать, изучить и с любовью
сохранить для будущих поколений уникальные, не ста-
реющие по существу со временем коллекции.

Удивительным открытием для большинства читате-
лей станет и знакомство с замечательным полярным
исследователем, геологом, географом и палеонтологом
И. П. Толмачевым, в 1922 г. эмигрировавшим из советской
России, из-за чего его имя и заслуги были незаслуженно
забыты на десятилетия. Чукотская экспедиция под
руководством Толмачева, исследовавшая в 1909–1910 гг.
один из самых труднодоступных участков арктическо-
го побережья России, способствовала налаживанию
Северного морского пути – кратчайшего пути между
Европейской частью России и Дальним Востоком. Его
самоотверженность и фанатичная преданность идее
и сейчас может служить нам примером: «Все мы го-
товы по мере сил и знаний способствовать развитию
этой идеи словом и делом, не щадя, если нужно, живота
своего, и нас не пугают могилы, которыми усеян этот
путь, но нам страшно равнодушие общества, бороться
с которым труднее, чем с полярными условиями... Дай
Бог, чтобы интерес к северному пути не заглох, и чтобы
общество смотрело на работы в этом направлении как
на неотложное и русское дело. В этом наша вера, наша
надежда, наша награда за понесенные труды и былые
разочарования».

Еще в начале XX в. Толмачев отмечал, что «... север
вовсе не так беден, как думают», в том числе поднимая
вопрос о нефтяных месторождениях «Чукотской зем-



лицы». Как мы знаем, к концу века именно Сибирь стала
важнейшей «энергетической кладовой», и не только
нашей страны, но и всего мира. В этом выпуске нашего
журнала мы предоставили слово крупнейшему отече-
ственному специалисту в области геологии и геохимии
нефти и газа академику А. Э. Конторовичу, эксперту
по проблеме глобальной энергетической безопасности,
которая сегодня является предметом пристального вни-
мания правительств всех ведущих стран мира. Россия на
сегодня располагает огромными разведанными запасами
энергетических ресурсов. В качестве потенциального
источника роста добычи нефти выступает Восточная
Сибирь, где предстоит ввести в разработку несколько
гигантских и крупных месторождений в Красноярском
крае (крупные нефтяные месторождения открыты
также в Иркутской области и Республике Саха), а также
Западная Сибирь с ее огромными запасами
«сланцевой» нефти баженновской свиты.

Говоря сегодня о науке, мы не можем забывать, что
для науки в России наступили непростые времена.
Времена, когда надо доказывать власти, что наука,
являясь одной из важнейших производительных сил
общества, требует к себе особого отношения. В статье
«Смотрящие в огонь» академик М. А. Грачев напомина-
ет читателю историю научных открытий, имевших
впечатляющие последствия для общества; делится
своими размышлениями о природе научного мышления
и говорит о необходимости поиска общего языка между
наукой и властью.

Надеемся, что публикации наших авторов тоже по-
работают на эту задачу.

Академик Н. Л. Добрецов,
главный редактор



Академик Грачев: «Наша общая задача – сохранить тончайший слой **«СМОТЯЩИХ В ОГОНЬ»** и способных делать **ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ** открытия молодых и не очень молодых ученых. Им надо дать возможность спокойно работать». **С. 26**

СЕТЕВЫЕ технологии нейробиоуправления позволяют проводить **РЕАБИЛИТАЦИЮ** больных после **ИНСУЛЬТА** и тяжелых мозговых травм в домашних условиях. **С. 54**



.01

ПЛАНЕТА

- 6 **А. Э. Конторович**
Безумный, безумный, безумный,
безумный мир, или Будущее
глобальной энергетики

.02

НАУКА И ВЛАСТЬ

- 26 **М. А. Грачев**
Смотрящие в огонь

.03

ЧЕЛОВЕК

- 44 **В. В. Власов, С. П. Медведев,
С. М. Закиян**
«Редакторы геномов».
От «цинковых пальцев» до CRISPR
- 54 **М. Б. Штарк, О. А. Джафарова,
Е. А. Тарасов, Р. Ю. Гук**
Дистанционная реабилитация
мозговых катастроф.
Сетевые технологии
компьютерного биоуправления

По количеству суммарного фонда **ГЕРБАРИЕВ** (около **17 МЛН ОБРАЗЦОВ** растений) Россия занимает **ШЕСТОЕ** место в мире после США, Великобритании, Франции, Германии и Китая. **С. 64**

И. П. Толмачев: «Все мы готовы по мере сил и знаний **СПОСОБСТВОВАТЬ** развитию этой идеи словом и делом, не щадя, если нужно, живота своего... но нам страшно **РАВНОДУШИЕ** общества, **БОРЬТСЯ** с которым труднее, чем с полярными условиями». **С. 88**

.04

МУЗЕИ И КОЛЛЕКЦИИ

- 64 **Е. А. Королюк**
К юбилею Гербария.
Ликбез для физиков и лириков

.05

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ЭКСПЕДИЦИЙ

- 88 **О. А. Красникова**
Чукотская экспедиция И. П. Толмачева:
в поисках Северного пути
- 108 **В. В. Глупов**
Игуасу – большая вода



БЕЗУМНЫЙ, БЕЗУМНЫЙ, БЕЗУМНЫЙ, БЕЗУМНЫЙ МИР

А. Э. КОНТОРОВИЧ

ИЛИ БУДУЩЕЕ ГЛОБАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Ключевые слова: Глобальная энергия, потепление климата, нефть, газ, уголь.
Key words: Global Energy, climate warming, oil, gas, coal

Горизонтальная скважина
на Вынгапуровском месторождении
© ОАО Газпром нефть 2014



Человечество переживает бурный, не имеющий аналогов в истории рост энергопотребления безо всякой оглядки на будущее главных и, к сожалению, исчерпаемых источников энергии (нефть, газ, уголь). Этот бурный рост невольно вызывает ассоциацию с названием известного фильма Стенли Крамера «Безумный, безумный, безумный, безумный мир» (It's a Mad, Mad, Mad, Mad World, film Stanley Earl Kramer). Фильм вышел полвека назад, в 1964 г. Люди старшего поколения, несомненно, помнят этот чудный, полный иронии фильм. По сравнению с реалиями сегодняшнего дня события, которые казались безумными Стенли Крамеру, сегодня выглядят просто шутками взрослых людей. А мир, мир в котором мы живем сегодня, действительно, ведет себя безумно (распад Советского Союза, Югославия, Афганистан, Ирак, Ливия, Сирия, Украина – земля, где я родился 80 лет тому назад, безумство глобального энергопотребления...). Именно поэтому я вынес название фильма Крамера в заголовок этой статьи и одного из ее разделов

© А. Э. Конторович, 2014

КОНТОРОВИЧ Алексей Эмильевич – действительный член РАН, доктор геолого-минералогических наук, председатель Научного совета РАН по проблемам геологии и разработки месторождений нефти, газа, и угля. Научный руководитель Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН.
Награжден орденами Трудового Красного Знамени, «За заслуги перед Отечеством» III и IV степени, орденом Почета, медалью «За освоение недр и развитие Западно-Сибирского нефтегазового комплекса», званием «Заслуженный геолог РСФСР», «Почетный разведчик недр» и другими наградами. Лауреат Международной премии «Глобальная энергия», Государственной премии РФ (1994), Премии правительства РФ (2002), Премии им. А. Н. Косыгина (2003), Демидовской премии (2005), Премии им. академика И. М. Губкина АН СССР (1974), им. академика М. А. Лаврентьева (2013) и др. Автор и соавтор более 500 научных работ, имеет 4 изобретения и 3 патента. А. Э. Конторович внес значительный вклад в развитие теории нафтидогенеза — происхождения нефти и газа, вместе с академиками А. А. Трофимуким, В. С. Сурковым и другими, научно обосновал и открыл нефтегазоносность докембрия Восточной Сибири. Активный участник открытия и освоения крупнейших нефтегазоносных провинций: Западно-Сибирской, Лена-Тунгусской и Хатангско-Вилуйской. При его участии в 1970—1980-е гг. были разработаны комплексные программы развития геологоразведочных работ в нефтегазоносных провинциях Западной и Восточной Сибири, Якутии. Является одним из авторов «Энергетической стратегии России», «Стратегии экономического развития Сибири». Заведует кафедрой геологии месторождений нефти и газа Новосибирского государственного исследовательского университета

Здание Европарламента в г. Страсбург, Франция.
Фото Н. Барышева



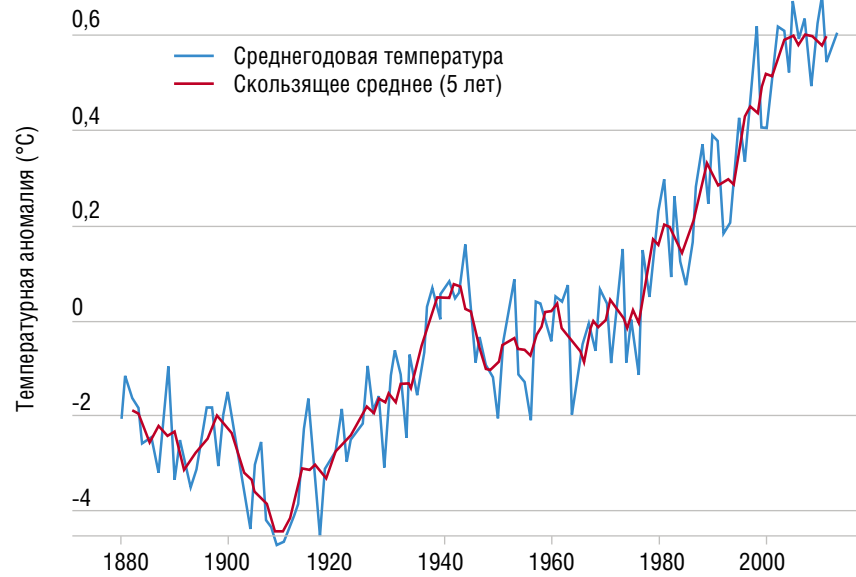
Мы обязаны оставить будущим поколениям такую структуру мировой энергетики, которая поможет избежать конфликтов и непродуктивного соперничества за энергетическую безопасность.
В. В. Путин

Эта статья была подготовлена осенью 2013 г. и является текстом заказного доклада, который я сделал в ноябре 2013 г. в Брюсселе, в Европарламенте на саммите лауреатов Международной премии «Глобальная энергия» (24.11.2013), проходившим с участием депутатов Европарламента. Я ничего не стал менять в тексте доклада, хотя в силу известных обстоятельств на фоне «потепления» климата отношения ЕС и России перешли в холодную фазу. Думаю, что это похолодание только подчеркивает безумство мира, в котором мы живем.

Позиция России по проблеме глобальной энергетической безопасности

Как хорошо известно, *энергетическая безопасность* – это комплексное понятие, которое подразумевает обеспечение государства и всех его граждан энергией по доступным для потребителя и экономически оправданным для производителя ценам. Проблема эта имеет много аспектов и является предметом пристального внимания правительств ведущих стран современного мира. Хорошо известно, что ЕС и Россия постоянно уделяют этой проблеме большое внимание. Она является предметом постоянного диалога между нашими странами. Поэтому,

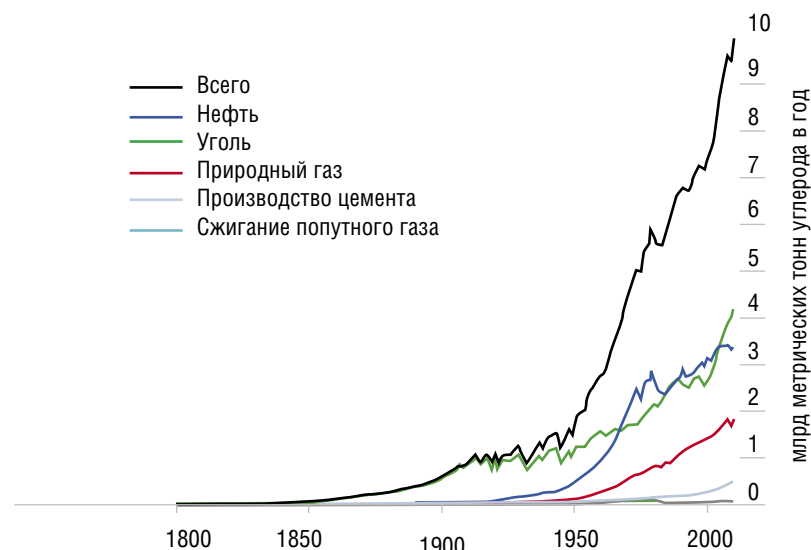
Подготовка к отгрузке нефти, добытой на Приразломном месторождении – единственном в России проекте по освоению углеводородных ресурсов шельфа Арктики
© ОАО Газпром нефть 2014



начиная ее обсуждение, я считаю необходимым изложить позицию России. Полагаю, что ее предельно четко сформулировал Президент РФ В. В. Путин. Он сказал: «Новая политика ведущих стран должна быть основана на понимании того факта, что глобализация энергетического сектора неотделима от энергетической безопасности. Наше общее будущее в области энергетики означает общую ответственность, общие риски и выгоды».

«Россия считает, – пояснил Президент, – что стратегия глобальной энергетической безопасности «должна базироваться на долгосрочных, гарантированных и экологически рациональных поставках энергоресурсов по ценам, устраивающим как страны-экспортеры, так и потребителей».

Такова в самом общем виде позиция России по проблеме глобальной энергетической безопасности. Она неизменна, ясна и понятна. Хорошо известно, что проблемы глобальной энергетики, глобальной энергетической безопасности являются объектом постоянного внимания стран большой восьмерки, стран ЕС. И, как мне представляется, решения большой восьмерки (G8)



Многолетние измерения средней глобальной температуры поверхности Земли свидетельствуют о потеплении климата. По: (Brohan et al., 2006)

в Глинигсе (Великобритания) и Петербурге (Россия) и позиция, изложенная Президентом РФ, достаточно близки.

В рамках краткой статьи осветить все вопросы, обозначенные в ее названии с достаточной полнотой, невозможно. Поэтому мы рассмотрим подробнее только некоторые из них, изложенные ниже в виде следующих тезисов:

- Потепление климата Земли в течение XX в. достоверно установленный наукой факт.
- Роль парникового эффекта в потеплении климата. Пугающая фантазия или реальность?
- Безумный мир: чего нам следует опасаться больше, потепления климата Земли или исчерпания ресурсов ископаемого топлива? Энергетические ресурсы дешевле не будут.
- Тяжелое наследство XX в. Экономические и политические последствия исчерпаемости ресурсов. Задачи ООН.
- Ресурсов газа на Земле больше, чем наука предполагала еще недавно. Газовая пауза еще ждет человечество... Это время для создания и освоения «чистых» энергетических технологий.
- Россия готова оставаться надежным партнером ЕС в поставке энергоресурсов в XXI в.

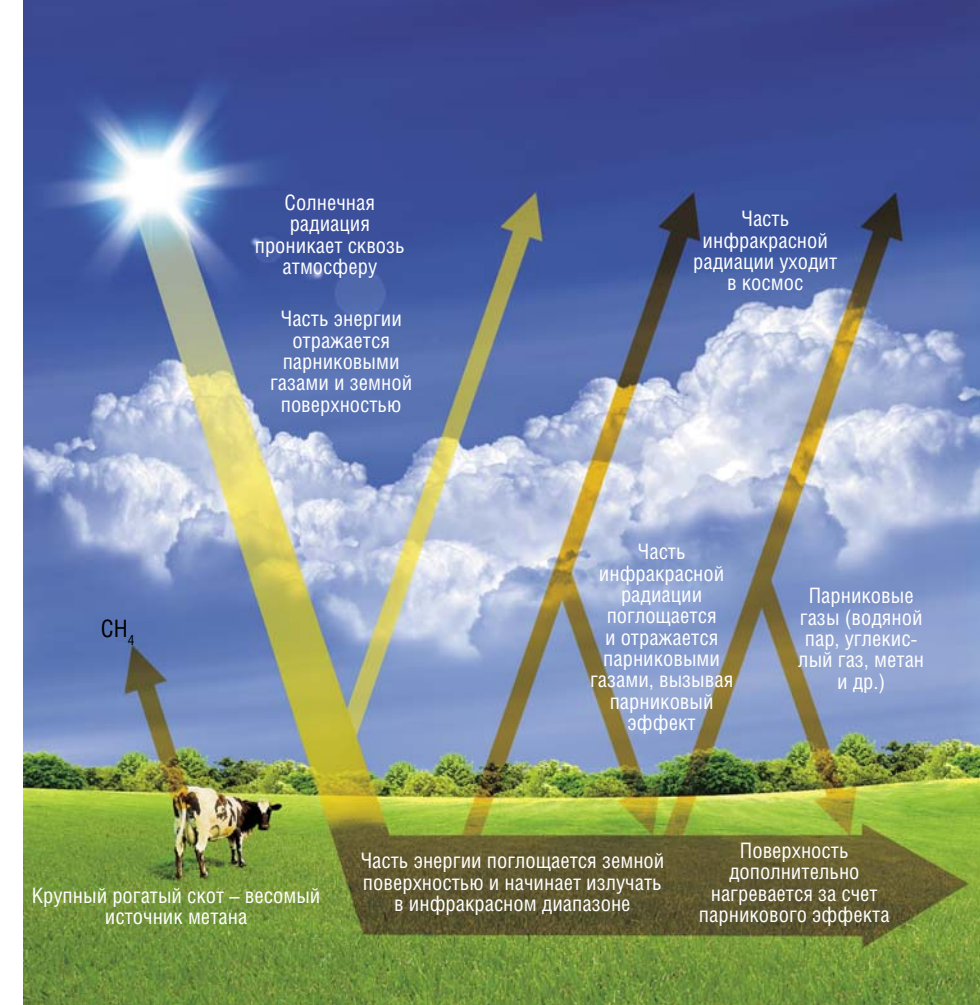
Среди источников углерода, выбрасываемого в атмосферу в виде углекислого газа в результате сжигания угля, нефти, природного газа и других ископаемых топлив, первое место занимает уголь, второе – нефть, на третьем месте, существенно уступая им по массе эмиссии углерода, – природный газ. По: (Mak Thorpe)

Для точного прогноза возможных климатических изменений необходимы детальные исследования всех процессов отражения, поглощения и рассеивания солнечной энергии, поступающей на Землю. Справа – упрощенная схема радиационного блока – «солнечное излучение–атмосфера–земная поверхность»

Потепление климата – установленный наукой факт

Обширные, обработанные во многих научных центрах данные, убедительно показывают, что в течение XX в. температура поверхности Земли, пульсируя от года к году, при осреднении за достаточно большой интервал времени постоянно возрастала. Так, за 100 лет, (1910–2010 г.) она возросла на 0,8 °С. Помимо замеров температур имеются и другие показатели, объективно подтверждающие потепление климата. В том числе изменение площади акватории, занятой льдами в Северном Ледовитом океане, которая за четверть века заметно уменьшилась. Это дало основание Межгосударственной группе экспертов по изменению климата (МГЭИК) ООН после согласования с национальными академиями наук стран большой восьмерки (G8) признать, что средняя температура поверхности Земли повысилась со времени начала промышленной революции (со второй половины XVIII в.). Как я уже заметил выше, судя по опубликованным данным такой подъем температуры начался около 1910 г.

Возникает вопрос, чем вызвано это потепление?



Пугающая фантазия или реальность?

Как известно, существует две точки зрения на причины наблюдаемого изменения климата. Одна часть ученых связывает эти изменения с космическими явлениями, учитывая, что изменения климата в истории Земли происходили неоднократно, как показывают геологические наблюдения и основанные на них палеоклиматические реконструкции.

Другая достаточно крупная группа ученых связывает это потепление климата с деятельностью человека. В результате разработки нефтяных, газовых и угольных месторождений, в результате сжигания ископаемых топлив с целью получения энергии в атмосферу поступает большое количество метана и углекислого газа. Леса на Земле частично поглощают углекислый газ. Однако их интенсивная вырубка уменьшает этот полезный эффект. Метан и углекислый газ, проникая в верхние слои атмосферы, создают своеобразную ловушку для отражаемых от поверхности Земли инфракрасных лучей. Это поглощение препятствует охлаждению Земли

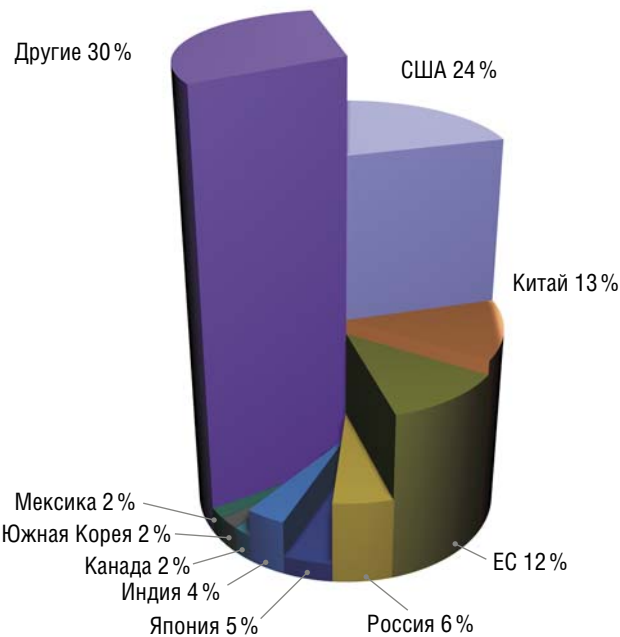
Изменение акватории Северного Ледовитого океана, покрытой арктическим льдом в 1980 и 2012 гг. Credit: NASA/Goddard Scientific Visualization Studio

и приводит к потеплению климата на планете. Этот эффект получил название *парникового*.

За счет сжигания угля, нефти, природного газа и других источников массы углерода проникают в атмосферу в виде углекислого газа. Первое место как источник эмиссии CO₂ в атмосферу, занимает уголь. На втором месте находится нефть, на третьем, существенно уступая им по массе эмиссии углерода, – природный газ.

Учитывая непрерывный рост масштабов использования ископаемых видов топлива, можно ожидать дальнейшего ускорения этого процесса. Оценки, полученные в результате вычислительных экспериментов на климатических моделях Земли, позволяют предполагать, что к началу ХХII в. средняя температура поверхности Земли может повыситься на величину от 1,8 до 3,4 °С.

Наблюдения показывают, что рост температуры на поверхности Земли независимо от природы этого явления уже сейчас приводит к таянию ледников, к деградации многолетнемерзлых пород, к подъему уровня вод в Мировом океане, к опустыниванию ряда территорий и пр. Иными словами, эти изменения серьезно меняют среду обитания человека.



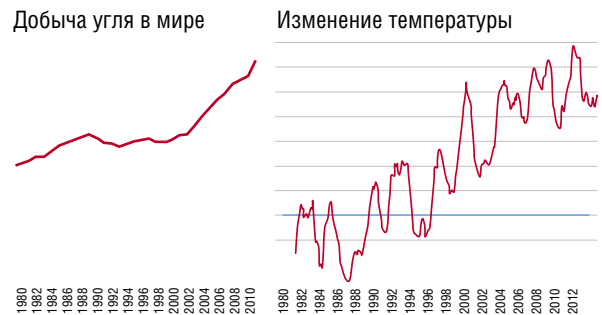
По массе эмиссии парниковых газов первое место занимают США, второе – Китай, третье – страны ЕС, четвертое Россия, на пятом и шестом местах – Япония и Индия соответственно.

На рисунке – выбросы парниковых газов странами, наиболее активно сжигающими ископаемое топливо, 2000 г.

«ОТНОСИТЕЛЬНАЯ НЕЯСНОСТЬ»

Проблема влияния антропогенных изменений на глобальное потепление обсуждалась на Саммите по устойчивому развитию в Рио-де-Жанейро (1992 г.), на международной встрече в Киото (1997 г.) и на многих других международных встречах. В 2005 г. саммит большой восьмерки в Глениглсе (Великобритания) заявил: «Мы знаем достаточно, чтобы начать действовать уже сейчас в направлении снижения и, насколько это оправдано с научной точки зрения, полного прекращения выбросов, а затем и разворота тенденции роста объемов содержания парниковых газов в атмосфере». Однако является ли потепление климата результатом антропогенной деятельности человека, до сих пор окончательно не решено. Тот же саммит большой восьмерки (Глениглс, 2005) осторожно заявил: «Сохраняется относительная неясность в отношении научного обоснования климатических изменений».

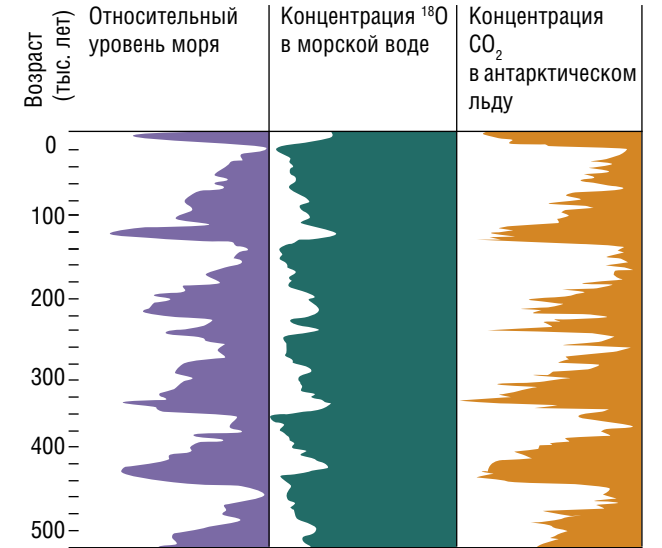
Приведем некоторые примеры, подтверждающие этот тезис:



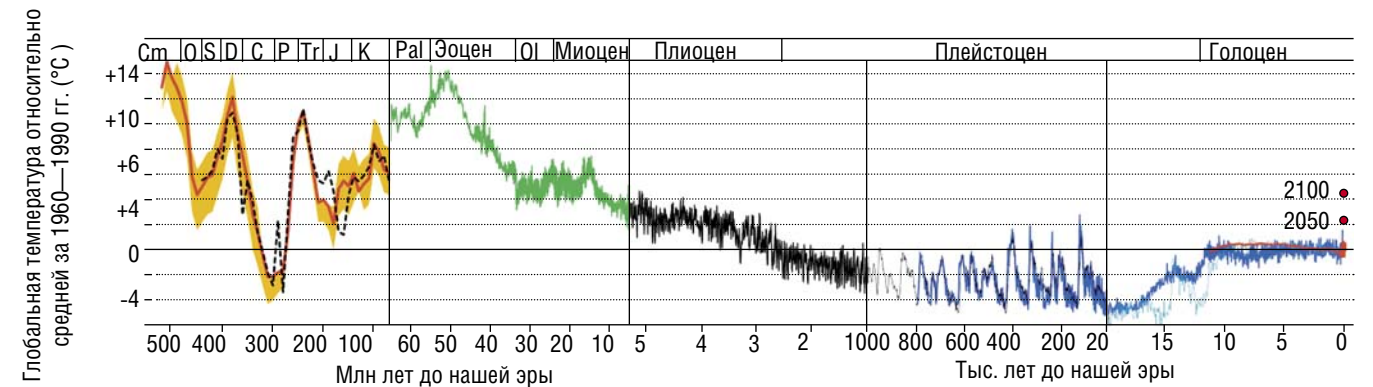
Пример 1. На графике, показывающем изменение средней годовой температуры на поверхности Земли, начиная с 1980 г. отчетливо виден рост. А после 2000 г. рост температуры замедлился. Если сравнить эту динамику с динамикой роста добычи и потребления угля, то можно увидеть, что именно после 2000 г. добыча и потребление угля в мире резко возросли, а значит, резко возросли и выбросы углекислого газа и угольного метана. За 10—12 последних лет добыча и потребление угля в мире возросли больше, чем за весь ХХ век! С позиций теории парникового эффекта, казалось бы, рост температуры поверхности Земли в эти годы должен был бы ускориться. Но этого не произошло. Парадокс, который требует объяснения.

Пример 2. Бурение скважин в ледовых щитах Антарктиды и Гренландии позволило реконструировать содержание изотопа кислорода ¹⁸O в морской воде и CO₂ в атмосфере за последние 500 тыс. лет. Одновременно была реконструирована кривая уровня вод Мирового океана за этот же период. На рисунке показаны пики уровня моря, концентрации CO₂ и минимумы ¹⁸O совпадают с межледниковыми температурными максимумами. Видно, что современные содержания CO₂ в атмосфере и потепления климата, соответственно, за последние 500 тыс. лет были шесть раз и, по крайней мере, пять из них не были связаны с антропогенной деятельностью. Второй парадокс, который требует объяснения.

Пример 3. Очень показательна и реконструкция глобальной температуры Земли за последние 500 млн лет, сделанная на основе геологических данных, которая показывает, что в течение большей части истории Земли температура на ней была значительно выше современной. Это показывает, что повышение температуры поверхности в истории Земли происходило неоднократно.



По: (Vladimir Kurg)



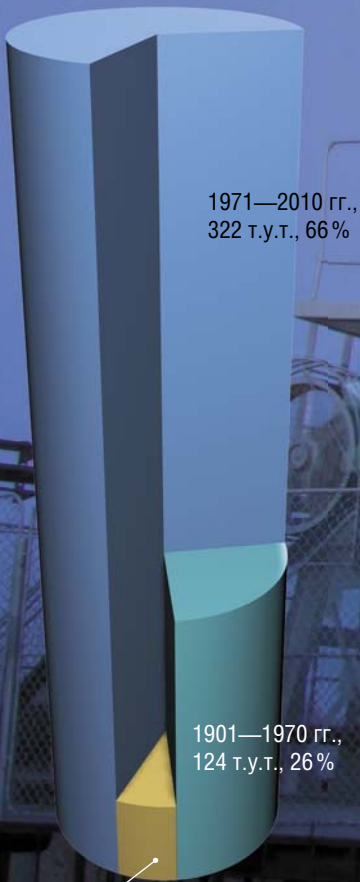
Приведенные примеры не имеют своей целью обосновать нецелесообразность борьбы с действительно громадными выбросами в атмосферу и водные системы газов и жидких флюидов, связанных с антропогенной деятельностью. Они лишь показывают, что излишняя концентрация внимания правительств и бизнеса на этих проблемах может необоснованно отвлечь инвестиции от других экологических проблем, от исследований в области «чистой» энергии, от борьбы с болезнями, нищетой и многими другими глобальными и региональными проблемами человечества.

Развивая тезис руководителей Большой восьмерки, необходимо сказать, что сохраняется неясность не только в научном обосновании природы климатических изменений на планете, но и в выборе приоритетов политики Великих держав на благо народов всей Земли

Безумный мир: чего опасаться больше, потепления климата или истощения ресурсов ископаемого топлива?

Энергетические ресурсы дешевле не будут.

Опираясь на данные мировой статистики, мои ученики и я выполнили оценку энергетических ресурсов, которые использовало человечество с конца палеолита до наших дней, т.е. примерно за 17 тыс. лет. Оценки показывают, что до начала XX в., т.е. до 1900 г., человечество использовало около 40 млрд. т условного топлива. Это были солома, дрова, уголь, отчасти нефть. За первые 70 лет XX в., до 1971 г. человечество использовало энергоресурсов в 3 раза больше, немного более 120 млрд т у.т. А за следующие 40 лет после 1970 г., к началу 2011 г. – еще 322 млрд т.у.т. Другими словами: из всех энергоресурсов, использованных человечеством за

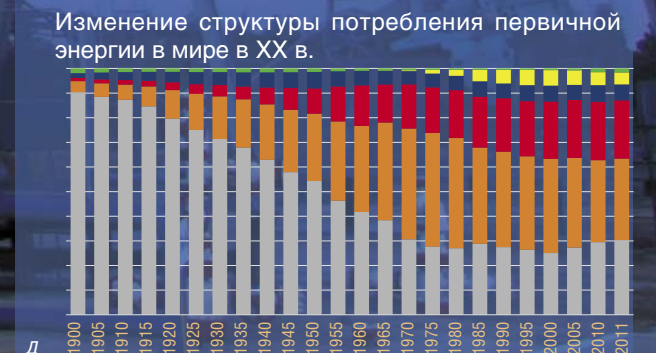


Потребление первичной энергии в мире по периодам, млрд. т у.т.

Нефтяные качалки.
© ОАО Газпром нефть 2014

Детальный анализ картины роста добычи угля, нефти и газа в XX—начале XXI вв. показывает, что за это время произошел стремительный скачок в добыче ископаемых топлив (особенно резкий после окончания Второй мировой войны) на фоне изменения структуры потребления первичной энергии. Преимущественно угольная глобальная энергетика начала XX в. постепенно трансформировалась, особенно во второй половине века, в энергетику на основе широкого спектра энергоносителей:

- а – уровень добычи угля в год с шагом 5 лет (скользящее среднее);
- б – уровень добычи нефти в XX в. (скользящее среднее);
- в – уровень добычи газа в XX в. (скользящее среднее);
- г – суммарное потребление всех энергоносителей, включая атомную энергию, гидроэнергию и возобновляемые источники энергии;
- д – изменение структуры потребления первичной энергии в мире



Июль • 2014 • № 2(56)



гоносителей продолжаться бесконечно? Понятно, что ответ может быть только один: нет, не может. Ресурсы всех горючих полезных ископаемых конечны, и хотя в настоящий момент геологической истории Земли они возобновляются, скорость извлечения угля, нефти, газа при промышленной их разработке во много раз превосходит скорость их новообразования. Рассмотрим перспективы роста добычи главных энергоносителей.

Нефть. Выполненные специалистами новосибирского Института нефтегазовой геологии и геофизики

Танкер «Михаил Ульянов» прибыл на нефтяную платформу «Приразломная» для загрузки первой партии арктической нефти

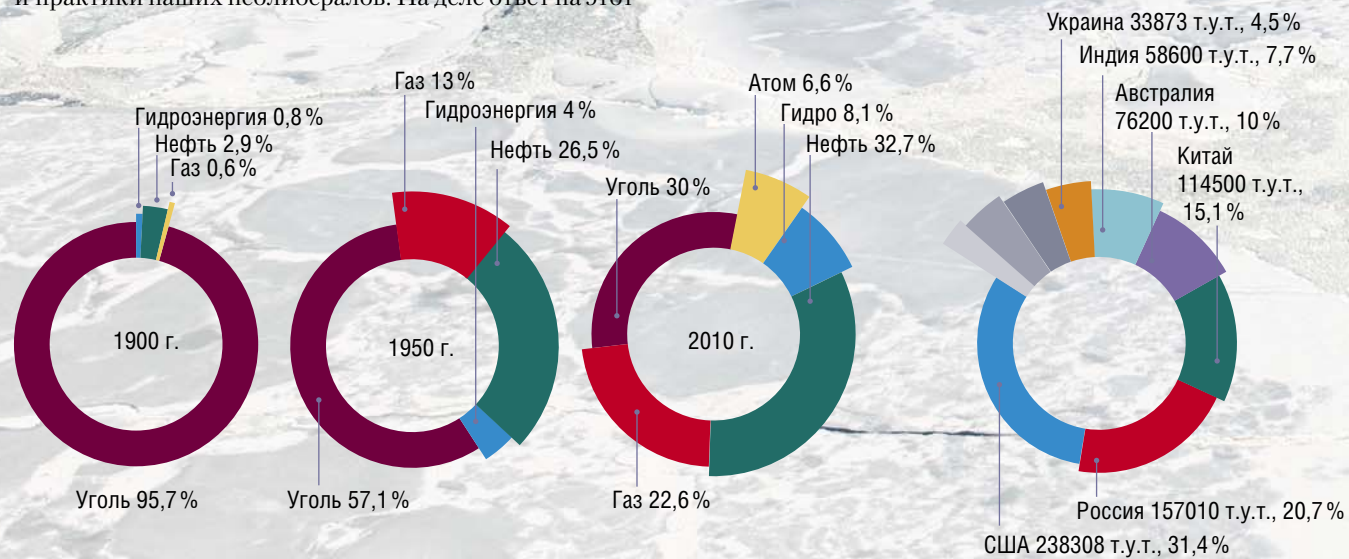
всю историю своего существования, на первые 17 тыс. лет приходится только 8,2%, на первые 70 лет XX в. – 25,7% и на последние 40 лет – 66,1%. Налицо громадное ускорение в потреблении энергоресурсов.

Этот рост энергопотребления, как уже было отмечено в начале статьи, нельзя оценить иначе, как безумство современного мира. В этой связи невольно возникает вопрос, можно ли рассчитывать, что глобальный рынок сам, без регулирования, без участия правительств может справиться с этим безумством. Положительный ответ на этот вопрос следует из теоретических посылов и практики наших неолибералов. На деле ответ на этот

вопрос может быть только отрицательным. В этом я полностью согласен с Е. М. Примаковым. Именно поэтому я вынес название фильма Крамера в заголовок этого раздела статьи.

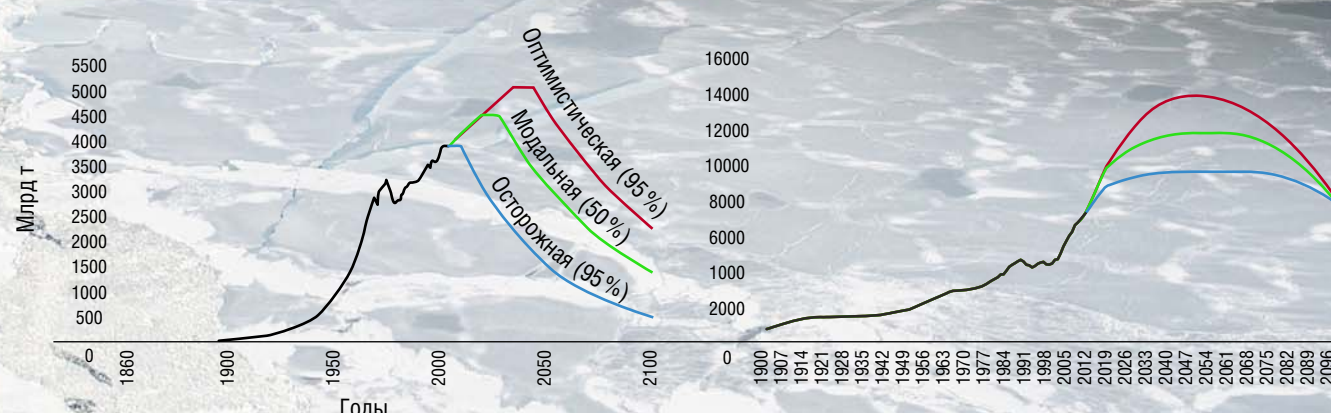
В XX в. глобальная энергетика из угольной (моноисточниковой) превратилась в мультиисточниковую. Есть все основания рассматривать вторую половину XXI в. как энергетическую революцию в истории человечества.

Естественно возникает вопрос, может ли такой безудержный рост производства и потребления энер-



Циклограммы изменения структуры потребления первичной энергии в мире в XX в.

Циклограмма распределения запасов угля по странам мира. Более 50% мировых запасов угля находится в США и России



Ретроспективный анализ и прогноз, сделанный в ИНГГ СО РАН, позволили оценить темпы роста в мире добычи нефти (слева) и угля (справа). Наиболее вероятно, что максимальный уровень добычи традиционной нефти будет достигнут 2020—2030 гг. и составит 4,2—4,8 млрд т в год. Из-за экологических и ресурсных ограничений темпы роста добычи угля несомненно снизятся, не будут такими высокими, как в последние 15 лет. Максимальный уровень добычи угля будет достигнут к 2030—2040 гг. и составит 10—12 млрд т в год

имени А. А. Трофимука оценки показывают, что с вероятностью 0,95 можно утверждать, что начальные глобальные извлекаемые ресурсы традиционной нефти больше 380 млрд т. Средняя оценка прогнозных глобальных извлекаемых ресурсов традиционной нефти равна 510 млрд т. Накопленная добыча нефти равна 165 млрд т, разведанные запасы – 162 млрд т, прогнозные ресурсы – 183 млрд т.

Учитывая структуру начальных суммарных мировых ресурсов традиционной нефти, а также закономерности развития добывающих отраслей, следует считать наиболее вероятным, что максимальная добыча традиционной нефти в мире будет достигнута в 2020–2030 гг., при этом максимальный уровень ее добычи будет составлять 4,2–4,8 млрд т в год. Главными районами добычи традиционной нефти в мире в этот период будут бассейн Персидского залива, Западная и Восточная Сибирь, бассейн Каспийского моря, нефтегазоносные бассейны на атлантических шельфах Африки и Южной Америки, включая, бассейн Мексиканского залива. После 2025–2035 гг. добыча традиционной нефти начнет падать.

Уголь. Ресурсы и запасы угля в мире распределены по разным геологическим регионам и странам, как, впрочем, и всех полезных ископаемых, неравномерно. Более 50 % мировых запасов угля находится в США и России.

По прогнозу ИНГГ СО РАН темпы роста добычи угля в мире в дальнейшем из-за экологических и ресурсных ограничений не будут такими высокими, как в последние 15 лет. Максимальная добыча угля в мире, по нашим оценкам, – около 10–12 млрд т в год – будет достигнута к 2030–2040 гг. После этого его добыча некоторое время будет оставаться постоянной («полка»), а затем начнет постепенно снижаться. Дальнейший рост добычи угля будет невозможен не только по экологическим соображениям, а и из-за ограниченности сырьевой базы. Существует миф, что запасов угля человечеству хватит на столетия. Выше уже было отмечено, что около 50 % разведанных запасов угля (395 млрд т) находится в США и России. Обладая огромными ресурсами нефти и газа, эти страны не будут проявлять интереса к бурному росту добычи угля. Максимальная добыча угля в них вряд ли превысит 1400 млн т в год. Оставшаяся вне США и России часть запасов



Компрессорная станция на гигантском Приобском нефтяном месторождении (Ханты-Мансийский автономный округ). © ОАО Газпром нефть 2014

Чаяндинское нефтегазоконденсатное месторождение (Якутия). © ОАО Газпром, 2014

угля (431 млрд т) при уровне пика добычи в 10–11 млрд т в мире будет в значительной мере исчерпана в шестидесятые годы XXI в.!

Газ. Более благоприятная ситуация должна сложиться на рынках газа. Есть основания считать, что глобальные ресурсы как традиционного, так и нетрадиционного газа долгое время оставались недооценены. В последние десятилетия во многих регионах мира сделаны уникальные открытия. По-видимому, месторождения Северное – Южный Парс (Катар, Иран), Южный Ио-

лотань (Центральная Азия – Туркменистан) являются крупнейшими в мире и превосходят по запасам газа даже Уренгойское месторождение на севере Западной Сибири. Последнее, однако, требует проверки и подтверждения. Серьезные открытия сделаны в Австралии, где на западе от континента открыта и готовится к разработке группа месторождений Большой Горгон. Новое гигантское морское газовое месторождение открыто к северу от Австралии в Папуа–Новой Гвинее. Гигантские открытия сделаны в России. В Восточной



Сибири и Республике Саха (Якутия) открыты и готовы к разработке гигантские Ковыктинское, Чайандинское и другие месторождения. Новые газовые гиганты открыты на шельфе острова Сахалин, на шельфах морей Северного Ледовитого океана (Штокмановское, Ленинградское, Русановское). Новые открытия сделаны в Западной Сибири, в Карском море, Обской и Тазовской губах. Большое внимание привлекают инновационные решения по разработке месторождений сланцевого газа и угольного метана. Все это приведет в ближайшее время к принципиальным изменениям

Бованенковское нефтегазоконденсатное месторождение (п-ов Ямал).
© ОАО Газпром, 2014

на мировых газовых рынках – появлению и быстрому развитию новых центров добычи как традиционного, так и нетрадиционного газа. Среди ископаемых энергоносителей добыча и потребление природного газа будет увеличиваться наиболее интенсивно. К 2040 г., согласно нашему прогнозу, мировое потребление газа возрастет с 3,4 до 5,7 трлн м³.

Замедление роста, стабилизация, а затем снижение добычи нефти и угля при продолжающемся росте экономик и потребности в энергоносителях стран Азиатско-Тихоокеанского региона, России, а также медленный, но рост потребности в энергоносителях стран ЕС и Северной Америки, рост численности населения Земли приведут к резкому усилению спроса на энергоресурсы, обострению борьбы за доминирование на энергетических рынках.

В этих условиях трудно, как нам представляется, рассчитывать на снижение цен на энергоносители. Более вероятно обратное.

Грядущий дефицит традиционных энергоносителей грозит устойчивому развитию человечества не меньше, а я убежден, что больше, чем потепление климата. Во всяком случае, в долгосрочном прогнозе человечество обязано учитывать обе эти угрозы.

Тяжелое наследство XX в. Экономические и политические последствия истощаемости ресурсов. Задачи ООН.

XX в. оставил человечеству не только выдающиеся достижения человеческого гения в науке, культуре, медицине, не только развитую энергетику, мощную индустрию и высочайший уровень технологий, но и многие сформировавшиеся и нерешенные проблемы. В рамках статьи мы ограничимся констатацией трех из них.

Академик А. Э. Конторович, академик А. Л. Асеев, председатель ОАО «Газпром» А. Б. Миллер, генеральный директор ООО «Газпромдобыча Надым» С. М. Миньшиков на запуске Бованенковского месторождения, 2012 г.
На заднем плане – чл.-кор. РАН О. Н. Ермилов.
Фото из архива ИНГТ СО РАН (Новосибирск)





Группы стран по потреблению нефти (т/человек в год)
 1 группа – > 2
 2 группа – 1—2
 3 группа – 0,5—1
 4 группа – < 0,5



Распределение потребления энергии в мире по группам стран

Первая проблема. Выше она обсуждена в деталях. Это интенсивная, нередко хищническая эксплуатация минеральных ресурсов, которая привела к перспективе их истощаемости в XXI в. В XX в. в глобальном плане человечество могло себя не ограничивать в количестве добываемых и используемых полезных ископаемых, в частности, энергоресурсов. В XXI в. ситуация принципиально иная. Выстраивая парадигму на XXI в., человечество должно отдавать себе отчет, что в течение наступившего века традиционные ресурсы нефти, газа, угля будут в значительной степени освоены, и в полный рост встанет проблема поиска альтернативных или новых энергоносителей, проблема формирования новой энергетики. Многие страны (США, страны ЕС, Австралия, Канада, Китай, Россия, Япония, Венесуэла и др.) уже приступили к поискам решений этой проблемы. Впереди еще долгий и длинный путь и огромная потребность в инвестициях. Однако это проблема научно-техническая, и она, несомненно, будет решена.

Вторая проблема. Это изменения климата, которые могут существенно осложнить природно-климатическую обстановку и социально-экономическое развитие многих регионов, многих стран. Хотя окончательного ответа на вопрос, являются ли эти изменения результатом естественной цикличности природных процессов, или они полностью или хотя бы отчасти являются результатом антропогенной деятельности, нет, тем не менее человечество, мировое научное сообщество должны внимательно следить и изучать эти процессы. Если подтвердится, что это чисто природное явление и техногенная деятельность человека на него существенно не влияет, человечество должно научиться

минимизировать для себя его негативные последствия. Если же человек как геологическая сила своей деятельностью провоцирует или усиливает изменения климата, то тогда негативное влияние антропогенной деятельности должно быть минимизировано или такая негативно влияющая деятельность должна быть прекращена полностью.

Третья проблема заключается в огромном неравенстве на Земле в распределении и потреблении энергетических ресурсов: 10,6% населения Земли в развитых странах потребляют 55% нефти (более 2 т/чел.) и 40,3% всей энергии. Две группы стран, в которых потребление нефти превышает 1 т/чел. в год имеют 21,2% населения Земли и потребляют 69,1% всей нефти и 64,1% энергии. И наоборот около 80% населения Земли потребляют только 21,9% нефти и 28,7% энергии. Многие из этих беднейших стран уже вступили на путь интенсивного экономического развития. В первую очередь, это Китай и Индия. Их развитие требует огромных энергетических ресурсов. Именно эти страны, а также Австралия и Индонезия обеспечили уникальный рост добычи угля в мире в последние годы. Как было отмечено выше, возможности развития угольной энергетики не беспредельны. В условиях, когда в 2030–2040-е гг. XXI в. рост производства традиционных энергоносителей прекратится, а потребность в них у развивающихся стран будет расти, неизбежно встанет вопрос о формировании нового, более справедливого порядка распределения энергоресурсов. Это время не за горами. Стихийный, нерегулируемый рынок такого справедливого порядка не создаст, как не создавал никогда раньше с момента своего появления. К формированию нового порядка

распределения энергоресурсов нужно готовиться народам и правительствам развитых стран, как производителям, так и потребителям энергоресурсов, ООН и всему человечеству.

Полагаю, что именно это имел в виду Президент Российской Федерации В. В. Путин, когда говорил: «Чтобы примирить интересы заинтересованных сторон глобального энергетического взаимодействия, мы должны наметить практические меры по обеспечению устойчивого доступа мировой экономики к традиционным источникам энергии, а также позаботиться о внедрении энергосберегающих программ и развитии альтернативных источников энергии».

Сбалансированные и справедливые поставки энергоресурсов, несомненно, являются основой глобальной безопасности в настоящем и будущем.

Мы обязаны оставить будущим поколениям такую структуру мировой энергетики, которая поможет избежать конфликтов и непродуктивного соперничества за энергетическую безопасность».



Строительство болгарского участка газопровода «Южный поток».
 © ОАО Газпром, 2014

Приобское месторождение. Установка подготовки и перекачки нефти (Ханты-Мансийский автономный округ, август 2013).
 © ОАО Газпром нефть 2014



Россия остается надежным партнером ЕС в поставке энергоресурсов в XXI в.

Естественно, возникает вопрос, какими, в рамках всего сказанного, представляются мне, ученому, далекому от политики, перспективы энергетического сотрудничества ЕС и России. Убежден, что имеются самые благоприятные предпосылки для стабильного энергетического сотрудничества России и ЕС в XXI в.

Что может помешать такому сотрудничеству? Нашему сотрудничеству может помешать отсутствие или истощение сырьевой базы. Все знают, что для России, особенно в части газа, такой проблемы на многие десятилетия вперед не существует.

Россия располагает огромными запасами и ресурсами природного газа и свободно может увеличить его добычу. Ограничением на добычу газа в настоящее время является не сырьевая база, а спрос на газ на европейском рынке. В частности, приостановка освоения гигантского Штокмановского месторождения связана с отсутствием надежного долгосрочного рынка и высокой себестоимостью будущего газа. Выход России на Азиатско-Тихоокеанский рынок газа никак не может сказаться на возможности поставок российского газа в Европу.

О серьезности и долгосрочности намерений России на европейском рынке газа свидетельствует и активная деятельность Президента России, Правительства России и ОАО «Газпром» в реализации проектов газопроводов «Северный поток» и «Южный поток». В достаточно близкой перспективе Россия сможет поставлять газ в страны ЕС и СПГ.

Что касается нефти, то, вероятно, наращивать ее добычу после 2020 г. России будет трудно, хотя такие перспективы у страны есть. В качестве потенциального источника роста добычи нефти укажу на Восточную Сибирь, где предстоит вводить в разработку несколько гигантских и крупных месторождений в Красноярском крае, а также имеются крупные открытия в Иркутской области и Республике Саха (Якутия). В Западной Сибири огромным резервом роста добычи нефти является «сланцевая» нефть баженовской свиты. Это уникальный объект для будущего нефтяной промышленности Российской Федерации. Кроме того, Россия располагает большими потенциальными возможностями ресурсосбережения. Укажу только на два из них. Первый – углубление переработки нефти до 90–95%. Второй – перевод отечественной нефтехимии с нефти на этан и пропан-бутановую фракцию жирного газа глубоких горизонтов мела на севере Западной Сибири и в Восточной Сибири.

Эти перспективы создают практически неограниченные возможности для взаимно выгодного партнерства. России предстоит создать огромные мощности для

переработки газа и нефтегазохимии, и сотрудничество со многими европейскими компаниями в реализации этой программы уже имеет место и укрепляется. Намечались пути сотрудничества с европейскими компаниями и в освоении ресурсов нефти и газа морей Северного Ледовитого океана.

И, наконец, уголь. Россия занимает второе место в мире по запасам угля и имеет опыт его поставок на европейские рынки. Перспективы экспорта российского угля, в первую очередь из Кузбасса, практически не ограничены.

Нашему сотрудничеству может помешать неумение или нежелание договариваться. Думаю, что исторический опыт последних пяти – шести десятилетий показывает, что такой проблемы тоже нет. Полагаю, что идущие в связи с проблемами Украины разговоры о «санкциях» против России несерьезны и умрут еще при жизни инициаторов этих «санкций».

Понятно, что энергетические и связанные с ними проекты могут быть реализованы только на взаимно выгодной основе. Что это значит? Повторю принципы, сформулированные В. В. Путиным: они должны базироваться на долгосрочных соглашениях и гарантированных поставках энергоресурсов по ценам, устраивающим как Россию, так и потребителей в странах ЕС.

Сотрудничество России и ЕС должно создавать перспективы новых инновационных решений.

Россия и страны ЕС могут и должны совместно развивать инновационные технологии в области энергосбережения, добычи и переработки нефти, газа, угля, нефтегазохимии, углехимии, угольного и нефтегазового машиностроения и пр., в выполнении фундаментальных исследований и создании технологической основы для обеспечения человечества энергией в будущем.

Считаю своим долгом обратить внимание еще на одну проблему, которая, как я понимаю, пугает многих в Европе. Я прекрасно понимаю, что трагедии Чернобыля и Фукусимы оказали серьезное воздействие на психологию людей и сдерживают развитие атомной энергетики. Однако я убежден, что человечество не сможет развивать свою энергетику без создания мощной атомной электроэнергетики. При этом, конечно, важно принимать самые серьезные меры для повышения уровня их безопасности. И, безусловно, человечество должно продолжить научную деятельность в области освоения энергии управляемого термоядерного синтеза и водородной энергии.

Горизонтальная скважина на Вынгапуровском месторождении.
© ОАО Газпром нефть 2014



Смотрящие в ОГОНЬ



*Товарищ, верь: взойдет она,
Звезда пленительного счастья...
А. С. Пушкин*

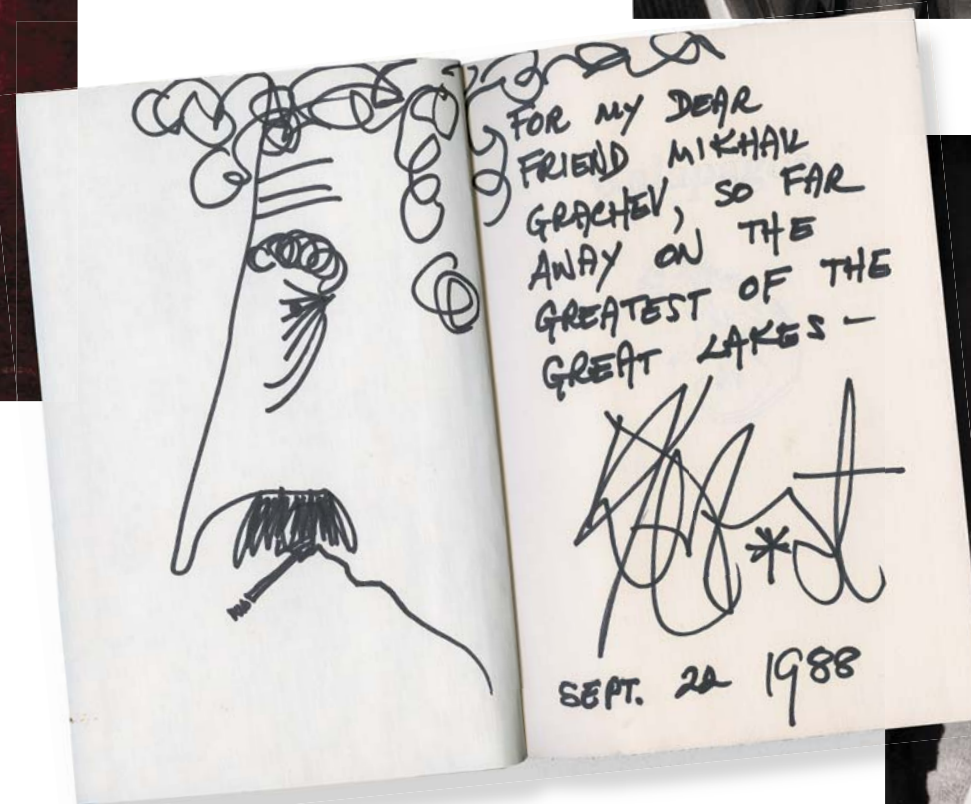
В 2014 году начата реформа российской науки. Многие коллеги этого очень испугались. Я же верю, что все будет хорошо (см. эпиграф). Надо просто найти общий язык с властью. В романах американского писателя Курта Воннегута приводятся короткие вставки – сюжеты научной фантастики. В одном из сюжетов на Землю из далекой галактики прилетает пришелец, чтобы сообщить землянам важнейшую информацию. Ростом пришелец был примерно полметра и походил на палку с конусом внизу. Приземлился он в огороде какого-то фермера. Он отбивал чечетку и попукивал, и фермер сразу его убил. А жаль – пришелец хотел сообщить человечеству, как избежать мировых войн, лечить рак, а также сказать фермеру,

что у него горит дом. Контакт не состоялся. Причина же была проста: чечетка и попукивание – это был язык пришельца, и фермер его не понял. Надо искать общий язык. Такие дела.

В Общероссийском классификаторе видов экономической деятельности наука и научное исследование отнесены к сфере услуг. Обидно. Это не только обидно, но и несправедливо. Такая классификация приводит к ложному, непродуктивному позиционированию власти и науки. Вместе с наукой туда попали кинематография, живопись, фотография и многое другое.

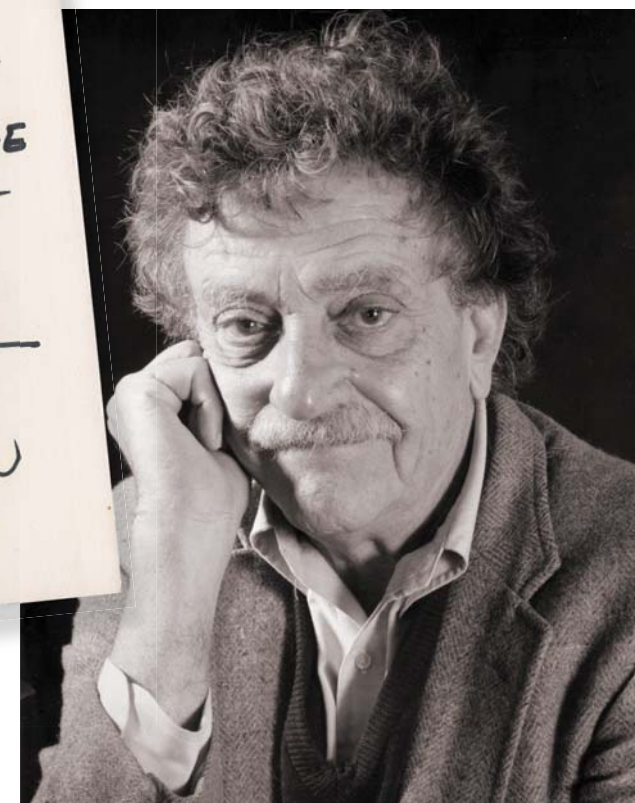
Услугой, по определению, является помощь, которая предоставляется по чей-то просьбе или заказу. Кто заказал Ван Гогу «Подсолнухи»? Никто. Он даже

Академик М. А. Грачев, автор статьи «Смотрящие в огонь», в далеком 1979 году на выставке в Госплане СССР с президентом АН СССР академиком А. П. Александровым и чл.-кор. АН СССР В. П. Мамаевым, Москва. Фото Р. И. Ахмерова



Автограф Курта Воннегута на форзаце его книги «Galapagos» (Галапагосы) (1985), подаренной автором М. А. Грачеву

© М. А. Грачев, 2014



Курт Воннегут. Фото Rosemary Carroll. Rosemary Carroll Photo@yahoo.com

продать не смог эту свою прекрасную картину, которая сегодня стоит многие миллионы долларов. Конечно, и художник, и ученый могут работать по заказу богатых заказчиков, но их товаром будет не фундаментальное достижение, а некий немедленно пригодный для употребления продукт.

Известно, что наука может быть прикладной и фундаментальной. У прикладного исследования может быть заказчик, который четко формулирует нужный ему конечный результат. Если результата нет – возникает неудовольствие заказчика, и наступает наказание исполнителя.

У фундаментальной науки заказчика нет, ученый, который «стоит у станка», сам формулирует идею и сам ее реализует. Позднее идея может попасть в какой-нибудь государственный план, и этот план утвердит управленец. Сам же по себе управленец не может сформулировать научную идею и даже готовую идею обычно не понимает. Более того, авторов идеи, особенно, если она прорывная и нетривиальная, зачастую не могут понять даже ближайшие по цеху коллеги и тем более ученые, далекие от той конкретной области знаний, к которой относится новая идея. Так или иначе, происходящее при реализации фундаментальной научной идеи никак нельзя описать столь любимыми экономистами терминами «заказ» и «услуга».

Что делать?

Фундаментальная наука не является услугой. Она мотивируется не возможностью получения прибыли, а совсем другим. Для того чтобы объяснить это, придется рассмотреть несколько известных исторических примеров.

В 1929 г., изучая микробов, английский ученый Александр Флеминг заметил, что они гибнут при воздействии неизвестного вещества, выделяемого простой хлебной плесенью. Это вещество впоследствии было названо пенициллином. Флеминг установил, что вещество из плесени убивает очень широкий круг микробов, в том числе весьма опасных для человека, например, синегнойную палочку, которая вызывает гангрену. Окончив исследования, он, однако, указал, что результат этого открытия никогда не станет важным для практики, поскольку пенициллин чрезвычайно неустойчив.

Через 10 лет англичане Флори и Чейн нашли способ очистки пенициллина и его получения в твердом состоянии, в результате антибиотик стал устойчивым и пригодным к практическому применению. Было налажено промышленное производство пенициллина. Интересно, что Флеминг отказался от подачи заявки на патент и не разрешил патентовать пенициллин своим партнерам. Сделал он это для того, чтобы избежать любых препятствий для постановки производства пенициллина в любых странах и в любых компаниях,

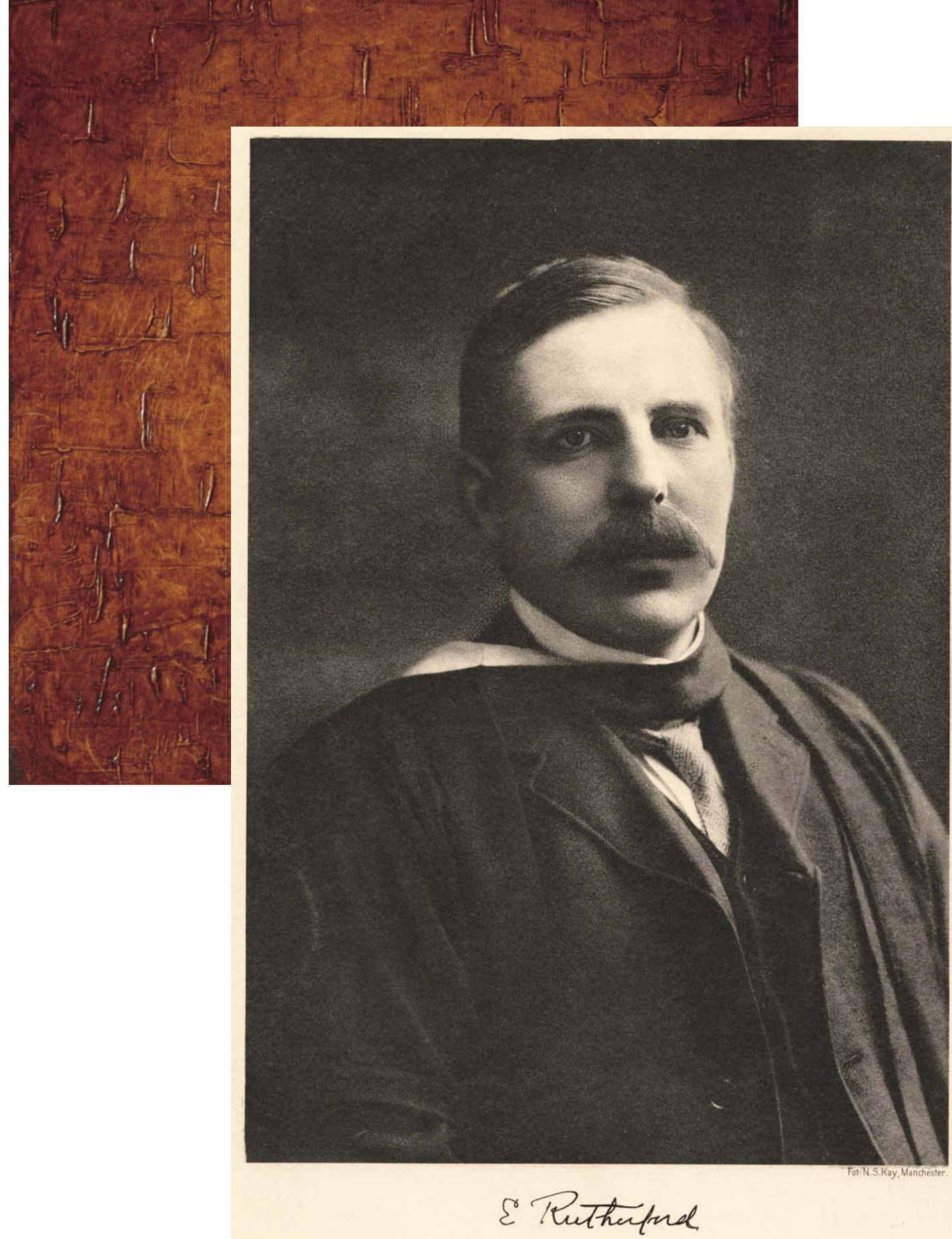
то есть его целью было не получение вознаграждения. Он хотел другого. Он хотел, чтобы пенициллин как можно скорее стал доступным людям всей планеты. В результате пенициллин начали производить сразу в нескольких странах. Уже в 1944 году благодаря пенициллину удалось спасти сотни тысяч жизней раненых английских и американских солдат, участвовавших в открытии второго фронта, в грандиозном сражении после высадки десанта союзников из Англии на континент для того, чтобы покончить с Гитлером. В том же 1944 году пенициллин стали производить и в СССР, где он тоже спас много солдатских жизней.

Мы хорошо знаем, что производство широчайшего спектра антибиотиков сейчас стало одной из главных отраслей медицинской промышленности и огромным источником прибыли. Затраты же на опыты Флеминга были ничтожны, затраты тех, кто наладил его очистку и первое промышленное производство, тоже были небольшими, зато позже инвестиции пошли неостановимым потоком.

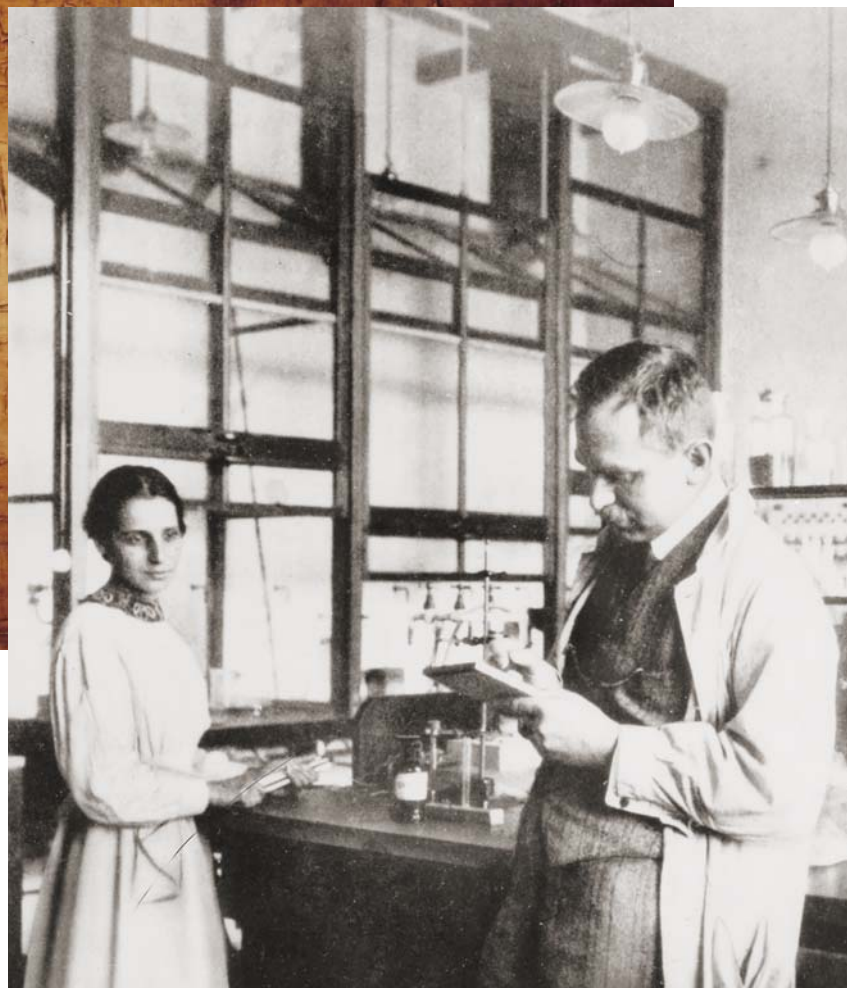
В России Министерство образования и науки запустило так называемые федеральные целевые программы, из средств которых оплачивались ориентированные научные исследования. На первом этапе средства выделялись группам исследователей, проводящих «нацеленные на практику фундаментальные исследования», и все необходимое финансирование было исключительно государственное. Можно было подать заявку на конкурс для получения денег на окончание фундаментальной работы и проведение первоначальных прикладных исследований и разработок, результаты которых были, однако, совершенно не пригодны для немедленного внедрения в практику, поскольку выделяемые средства были мизерными, а в дальнейшем развитии проекта требовалось софинансирование от бизнеса, который не торопился выдавать деньги из-за отдаленности перспективы получения прибыли.

Например, если бы такой инновацией в наши дни был пенициллин, потребовались бы сотни миллионов долларов и пять-семь лет работы для проведения клинических испытаний. До их проведения предлагаемый бизнесу пенициллин вследствие большого риска неудачи, был бы ему совершенно неинтересен.

Эрнест Резерфорд. Фотограф Н.С. Кэй, Манчестер.
Credit: Edgar Fahs Smith Collection
Kislak Center for Special Collections, Rare Books & Manuscripts
University of Pennsylvania Libraries, USA



Phot. N.S. Kay, Manchester.



Отто Ган и Лиза Мейтнер
в лаборатории. 1913 г.
Public domain

Еще важнее был вывод Гана, Штрассмана и Мейтнер о том, что распад одного ядра урана рождает множество медленных нейтронов, которые попадают в другие ядра урана и вызывают их распад. Если масса урана-235 больше критической, возникает цепная реакция и происходит ядерный взрыв. Все коллеги Гана, Штрассмана и Мейтнер – умные ядерные физики в Германии, США, Англии, России и в других странах – сразу же поняли, что расщепление урана открывает прямой путь к созданию инновационного сверхоружия.

Из постоянно льющей в уши информации об атаках террористов мы слышим, что тротильный эквивалент их устройств составляет иногда 200 граммов, иногда, крайне редко, 200 килограммов тротила, и знаем, какие последствия имеют организованные террористами взрывы. Масса тротила – тринитротолуола – в авиабомбе времен Второй мировой войны могла достигать 5000 килограммов. С помощью таких простых тротильных бомб англичанами, к примеру, был стерт с лица земли тихий германский город Дрезден, где жили только мирные жители и не было никакой промышленности. Расчеты физиков показали, что одна атомная бомба весом в одну тонну может мгновенно полностью разрушить город среднего размера. И это осознание послужило, говоря современным языком, «окончанием фундаментального исследования».

Никто не давал Гану, Штрассману и Мейтнер заказ на расщепление

ядра урана, да и кто мог его дать? Гитлер? Они все сделали сами. И за очень маленькие деньги. Было бы нелепо предполагать, что они хотели оказать кому-то услугу – ведь они сами не знали, что получится из их опытов, они просто исследовали устройство природы.

Прикладная стадия в этот раз не замедлила наступить. Многие физики, английские, американские, германские, изгнанные Гитлером и осевшие в Англии, Америке, Канаде, сразу же поняли, что Гитлер имеет шанс получить сверхоружие, и все обычные вооружения будут против этого сверхоружия бессильны. Они не хотели такого поворота мировой истории. В 1939 году после нападения Германии на Польшу официально началась Вторая мировая война. Международная команда физиков объяснила ситуацию Эйнштейну, жившему тогда в Америке, и он подписал составленное физиками письмо Президенту США Рузвельту. Рузвельт поверил Эйнштейну – ведь Эйнштейн был ученым номер один того времени, и Рузвельт приказал своим ведомствам немедленно начать работы по созданию атомной бомбы. В Англии к разработке такого же проекта в режиме глубочайшей секретности приступили немного раньше, но потом ядерщики из США, Англии и Канады и физики-эмигранты из многих стран мира объединились в США, где стартовал ядерный, так называемый, «Манхэттенский» проект. Все мы помним, что в августе 1945 года атомные бомбы стерли с лица земли японские города Хиросиму и Нагасаки, погибли многие сотни тысяч людей, по порядку величины – столько же, сколько в Дрездене.

Лиза Мейтнер. 1900 г.
Public domain

В наше смутное время неоднократно озвучивалась (ненавижу это слово) идея о том, что российская наука совсем не нужна – ведь все исследования высокого уровня все равно проводятся в развитых странах мира, а их прикладные результаты гораздо проще купить, чем тратиться на поддержание отечественной фундаментальной и прикладной науки. Однако Российская фундаментальная наука все-таки нужна.

В свое время, занимавшиеся фундаментальной ядерной физикой российские ученые в Ленинграде, Москве и Харькове мгновенно поняли результаты Гана, Штрассмана и Мейтнер и осознали возможность создания атомной бомбы. А ведь уже и в то время нашу науку могли оптимизировать –



Если бы государство было дальновиднее, оно полностью взяло бы на себя проведение клинических испытаний, и в этом случае за знания и методики, созданные учеными, получило бы отдачу сторицей, на уровне многих миллиардов долларов. Государство – большое, и рисковать ему легче, чем бизнесу, конечно, если ученые-разработчики, во-первых, совершенно честны, и, во-вторых, если их оконченная работа будет подвергнута всесторонней экспертизе при участии других умных и честных ученых и других специалистов.

Продолжим исторические примеры. В 1938 году германские ученые Ган, Штрассман и Мейтнер открыли деление ядра изотопа урана 235. Они установили, что при попадании, так называемого, медленного нейтрона ядро урана 235 расщепляется на две приблизительно равные части с выделением огромной энергии.

Ядерная физика в то время была в отношении всей физики маргинальной, по всему миру ею занималось всего несколько человек. Ведь еще в 1920-е годы великий физик Резерфорд, осознавший невообразимо огромную энергию, выделяющуюся при распаде атома природных радиоактивных элементов, заявил, что эту энергию никогда не удастся использовать на практике, поскольку ее потоком нельзя управлять: нельзя включить или выключить ее источник радиоактивности по мере необходимости, а уже выделившуюся энергию нельзя сохранить. Но великий Резерфорд оказался неправ.

закрыли бы ядерную физику как экономически бесполезную, и Гана, Штрассмана и Мейтнер не то чтобы воспроизвести, даже понять было бы некому.

22 июня 1941 года началась Великая Отечественная война, и многие ядерные физики, бывшие искренними патриотами, сменили свой профиль и занялись военными работами, например, размагничиванием наших кораблей. И все-таки незадолго до войны в Ленинграде было начато и уже во время войны, во время блокады Ленинграда, закончено строительство первого советского циклотрона – важнейшего инструмента ядерной физики. Об интереснейшей истории создания советского атомного оружия написано много, и я не буду повторяться. Для справедливости только отмечу, что вошедшее в обиход мнение, согласно которому решающий вклад в создание нашей атомной бомбы внесла Академия наук СССР, не совсем верно. Академия наук и Высшая школа сыграли решающую роль лишь в одном отношении – они поняли проблему, наметили пути ее решения и добились внимания правительства. Прикладная фаза проекта была настолько засекречена, что об участии АН СССР в целом в работах не могло быть и речи. Другое дело, что в создании нашей атомной бомбы принимали участие виднейшие и самые умные члены АН СССР, но работали они не в Академии, а в закрытых атомных городах.

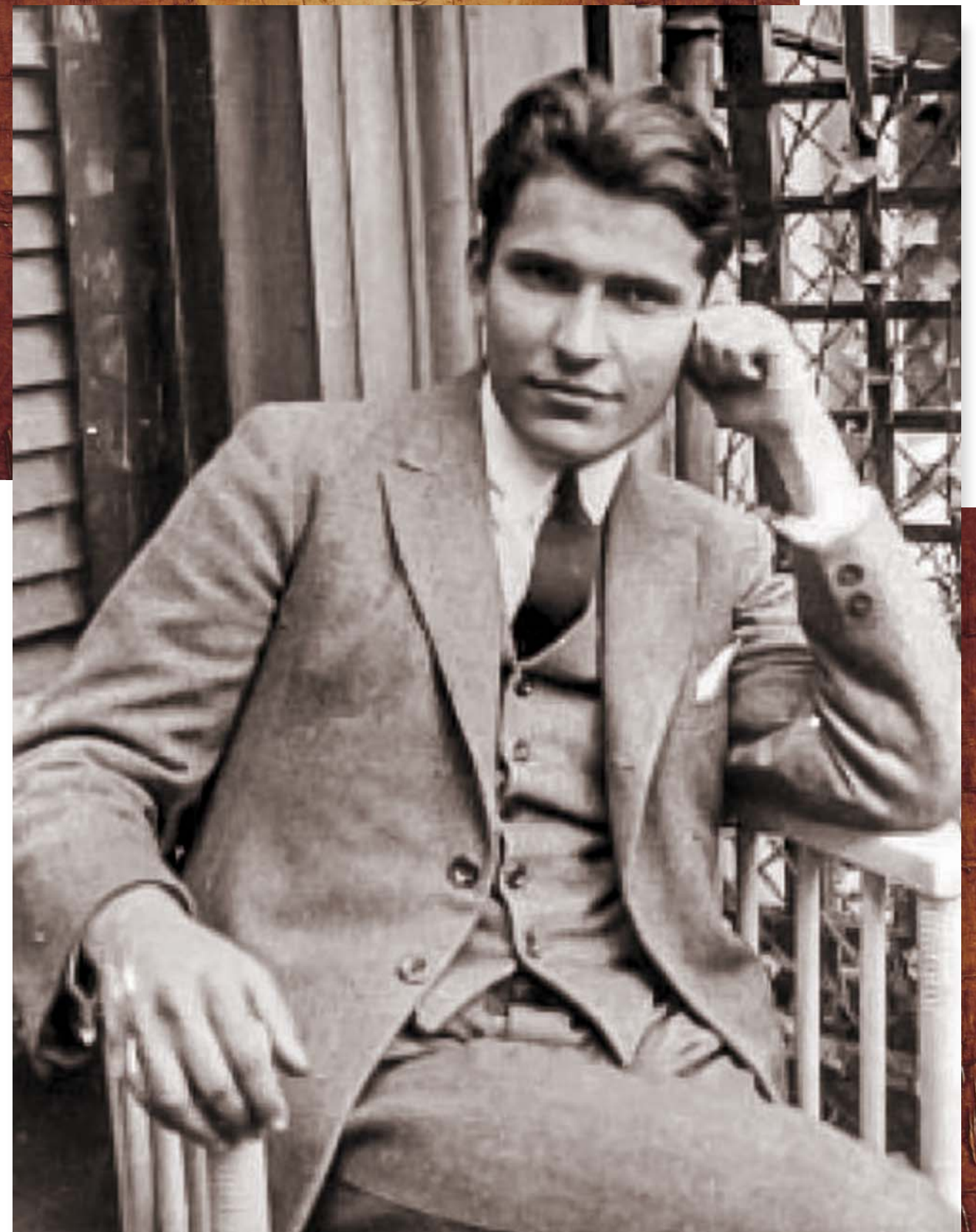
Так или иначе в 1949 году первая наша атомная бомба была взорвана, а ведь в США уже были намечены 100 советских городов – первоочередных объектов атомной бомбардировки, и изготовление первых 100 атомных бомб шло полным ходом. К счастью, атомная демократизация СССР не состоялась, и мир прожил уже многие десятилетия без новой мировой войны только благодаря созданию советского атомного оружия. Такая вот услуга.

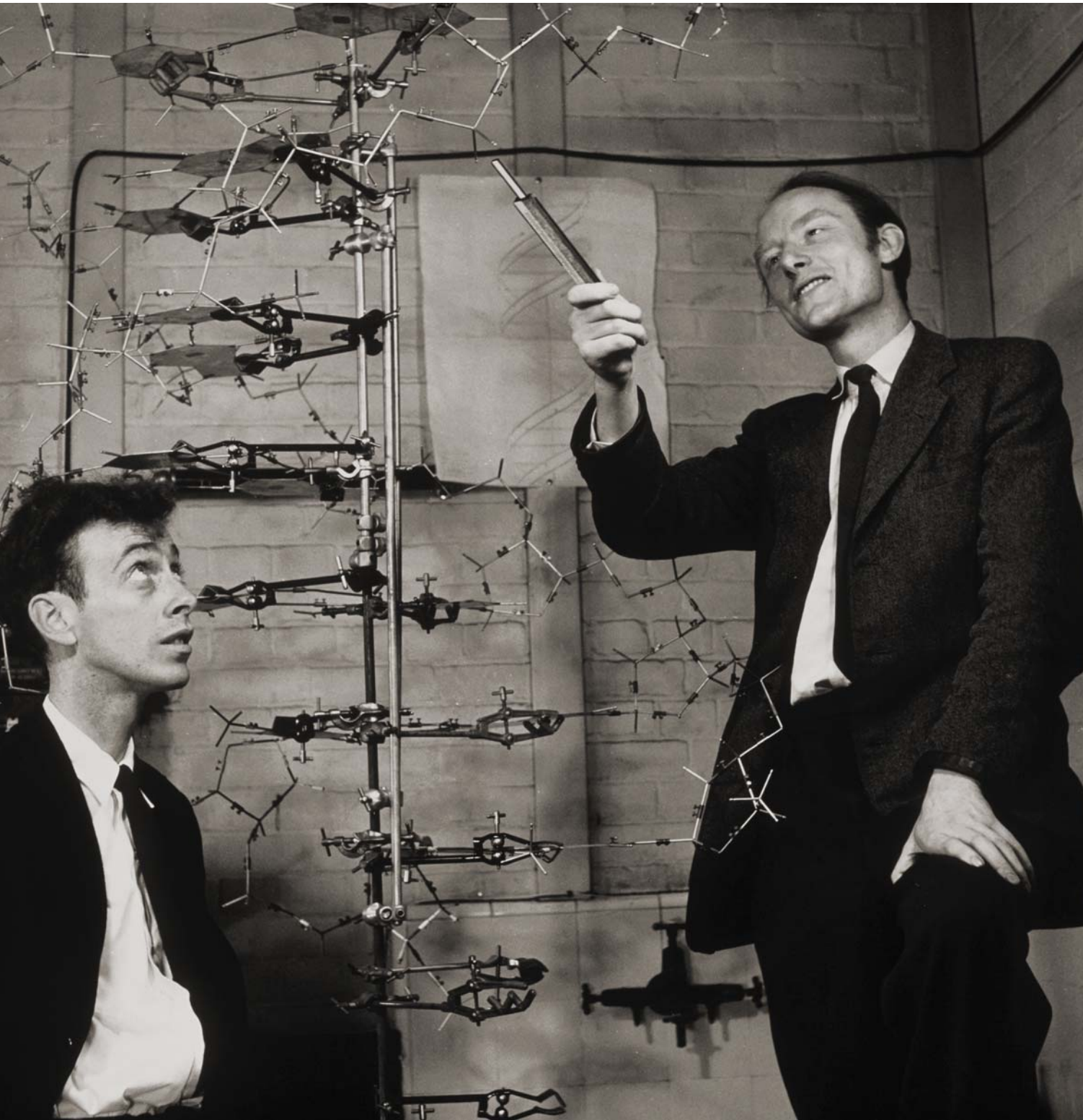
Третий пример – двойная спираль. Все теперь знают, что такое ДНК. Это вещество наследственности, которое передается от родителей к детям во всей живой природе и обеспечивает сохранность признаков предков у их потомков. Это должны знать все, кто в последние тридцать лет окончил среднюю школу. В 1870 году швейцарский ученый Мишер выделил вещество, позднее названное ДНК, из гнойных бинтов, которыми перевязывали раненых во время франко-прусской войны. На то чтобы понять устройство ДНК, ушли многие годы работ химиков в разных странах. Оказалось, что ДНК представляет собой полимер с огромной молекулярной массой, ее звенья – беспорядочно разбросанные вдоль полимерной цепи ныне знаменитые нуклеотиды А, G, C, T. В результате развития Манхэттенского ядерного проекта появился новый мощный метод разделения веществ – анионообменная хроматография, благодаря которой американский ученый Чаргафф установил, что в ДНК число остатков А всегда равно числу остатков

T, а число остатков G всегда равно числу остатков C. Это «правило Чаргаффа» впоследствии стало одним из краеугольных камней модели двойной спирали ДНК. Параллельно шло развитие генетики, и многие ученые пришли к выводу, что веществом наследственности является длинный полимер, молекула которого при делении клетки копируется в материнской клетке, и одна из копий передается дочерней клетке. Более того, в конце 1940-ых годов американский ученый Эмори доказал, что ДНК, взятая из микроба, производящего некий белок, если ввести ее в другой микроорганизм, к синтезу этого белка от природы не способного, начинает производить его не хуже, чем та клетка, из которой ДНК была выделена. Все это, однако, не убедило подавляющее большинство ученых в том, что именно ДНК является веществом наследственности.

В то время происходил вал открытий в химии белка, и большинство верило в то, что наследственность обусловлена одной из чудесных и невероятно разнообразных белковых молекул. В гипотезу о роли ДНК в наследственности горячо поверил очень молодой американский аспирант Уотсон, который каким-то образом проник в знаменитую рентгеноструктурную лабораторию профессора Брегга в Англии, где изучали растянутые нити многих полимеров, в том числе и ДНК. Рассматривая рентгенограммы английских коллег, он стал фантазировать и предлагать модели ее конструкции. В свои размышления и поиски он вовлек бывшего военного инженера и блестящего ученого Крика. Вскоре благодаря использованию правила Чаргаффа им удалось построить удивительно элегантную модель ДНК, подобную винтовой лестнице, состоящей из двух спиралей, в качестве ступеней которой выступали стоящие друг против друга остатки А и Т либо G и C. Модель Уотсона и Крика полностью соответствовала рентгеноструктурным данным англичан. Более того, можно было легко себе представить, что после разборки лестницы на одиночные спирали происходит копирование – на материнской цепочке ДНК может выстраиваться ее копия, причем в этой копии остатки А опять будут стоять напротив остатков Т, а остатки G – напротив остатков C. Соавтором научной публикации, вышедшей в 1953 году (год смерти Сталина), по праву стал английский ученый Морис Уилкинс, который руководил экспериментальными работами по рентгеноструктурному анализу ДНК. Через девять лет, в 1962 году все трое по праву

Эрвин Чаргафф. 1930. *Courtesy of the American Philosophical Society*





получили Нобелевскую премию. И опять никто не давал заказ на эту услугу. Такие дела.

Далее события развивались стремительно. В 1964 году американский ученый Холли впервые расшифровал первую химическую формулу крошечной нуклеиновой кислоты, состоящей из 78 нуклеотидов, и в 1968 году получил за это Нобелевскую премию. В 2002 году была расшифрована полная химическая формула генома человека длиной 3 100 000 000 пар нуклеотидов (длина этой цепочки – 2 м), и опять двум группам ученых дали Нобелевскую премию.

Говорят, что сегодня китайские ученые расшифровывают по 100 геномов разных людей в сутки, но нобелевских премий им почему-то уже не дают: фундаментальная наука полностью трансформировалась в прикладную. Из двойной спирали родилась генная инженерия, возникли страшилки об опасности генномодифицированных продуктов, знаменитая трансгенная овечка Долли и даже такие явления культуры, как фильмы ужасов о синтетических мутантах, родилась новая отрасль медицины, появилась возможность устанавливать отцовство и возникли целые отрасли фармацевтической промышленности. Очень скоро ни одна мама не выдаст замуж свою дочку, пока не получит полную формулу генома жениха.

В случае с двойной спиралью трудно провести четкую границу между фундаментальной и прикладной наукой, но я считаю, что, по гамбургскому счету, этой границей является открытие двойной спирали. Все последующие работы, хотя далеко не все их результаты были оказанными по заказу услугами, все-таки были более прикладными, поскольку их цели были совершенно ясны, задача была уже поставлена.

Кстати, самое трудное в фундаментальном исследовании – именно постановка задачи, выдвижение плодотворной идеи. Такие дела.

Несколько слов о советской науке. Наше юное в то время поколение имело ясный лозунг – догнать и перегнать Америку. В 1930-е годы один из наших токарных станков так и назывался – «ДИП» – догнать и перегнать. В 1961 году и позднее я тоже участвовал в гонке за Холли, но наша команда в составе представителей трех институтов АН СССР не вполне преуспела. Отечественный рекорд был установлен группой академика А. А. Баева, которая в 1967 году расшифровала химическую формулу валиновой тРНК (78 нуклеотидов)

Джеймс Уотсон, Фрэнсис Крик и их модель ДНК. 1953 г. Credit: SPL/East News



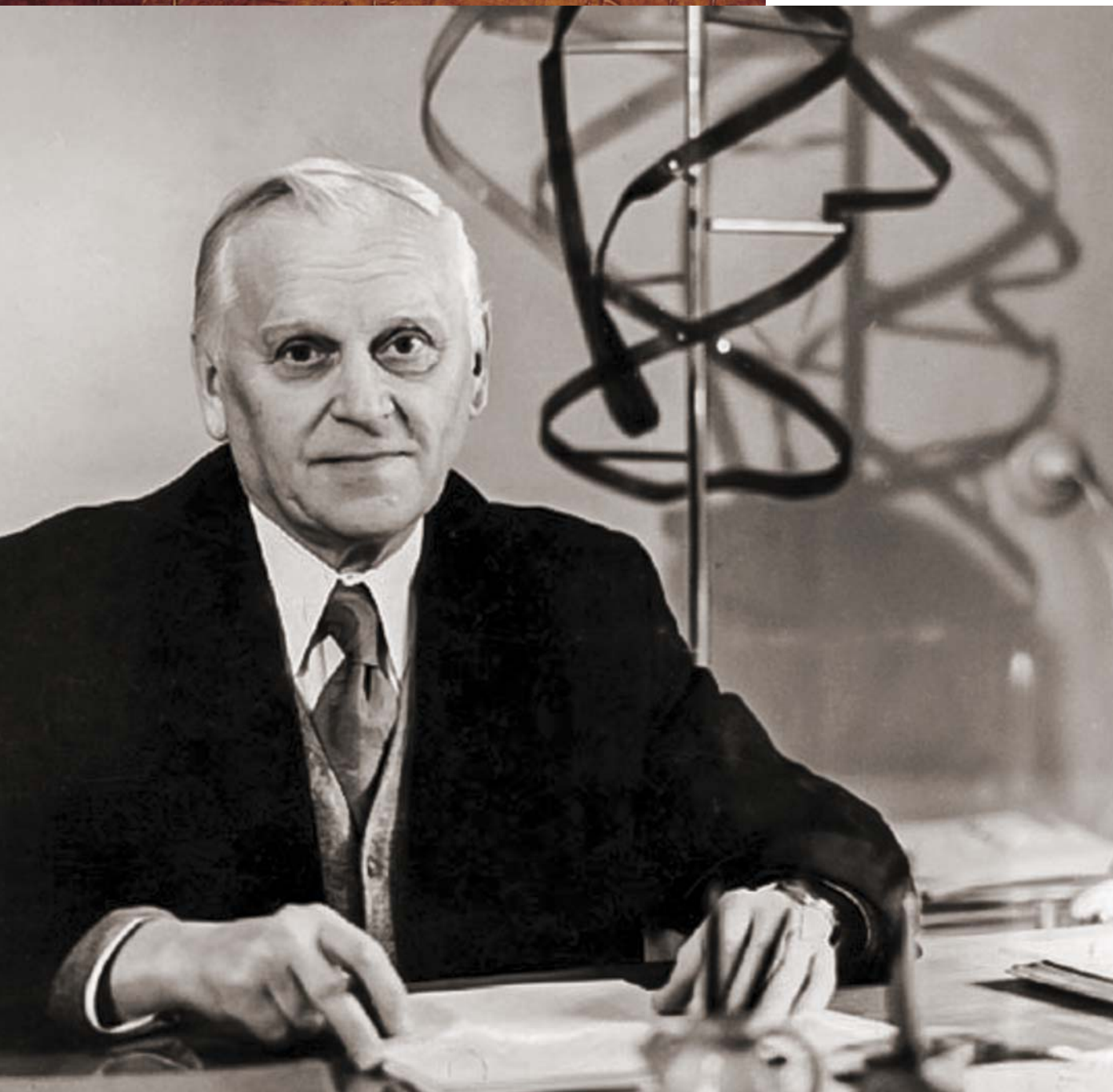
и в 1969 году по праву получила за это Государственную премию СССР (я ничего не получил, по делу). Без всякой иронии, эта работа, хотя и была сделана под лозунгом ДИП, и в самом деле была выдающейся. Не будем забывать, что в то время еще был жив и активен знаменитый генетик в штатском Лысенко. Где-то около 1965 года он приходил в тот институт, где работал А. А. Баев и ему показывали белый порошок ДНК. Он все равно не поверил, либо не подал вида, что поверил в существование молекулы наследственности, и сказал, что все это – ерунда, если ДНК – это кислота, то она должна быть не твердая, а жидкая. Шутки шутками, а ведь со времени надругательства Лысенко над советской генетикой прошло всего-то меньше 20 лет (сессия ВАСХНИЛ 1948). А Баев провел в сталинских лагерях целых 17 лет. Из автобиографии А. А. Баева:

«1953 г. оказался критическим в моей жизни – умер И. Сталин, истинный автор всех бед, постигших страну и меня, а Д. Уотсон и Ф. Крик открыли двойную спираль ДНК, положив тем самым начало молекулярной биологии, которая и стала полем научной деятельности во второй половине моей жизни. Возврат в науку для меня был нелегким. Мне исполнилось уже 50 лет, и природа оставила мне мало времени для творческой научной деятельности».

Советская «новая биология» рождалась в тяжелые для страны времена и в режиме гонки за мировой наукой. Не будь этих работ, не возникли бы ни отечественная генная инженерия, биомедицина, ни оборонная организация «Биопрепарат», о которой будет сказано немного ниже. И мне совсем не стыдно, что мы и сейчас зачастую работаем под тем же лозунгом ДИП. Такие дела.

Если читателю было интересно, он давно уже понял: фундаментальная наука – не услуга. Надеюсь, что эту истину со временем возьмут на вооружение наши уважаемые оппоненты, юные управленцы-экономисты. Единственным ведомством СССР, которому была дана привилегия самому себе утверждать технические задания на исследования и разработки, была АН СССР.

Как возникла фундаментальная наука и чем мотивированы люди, положившие свою жизнь на алтарь этой сферы деятельности человека? По моим наблюдениям, которые я сделал в течение 50 лет, занятие наукой не



Академик А. А. Баев. 1973 г.
 Фото О. Кузьмина.
 Источник: «60 фотографий
 А. А. Баева на сайте ИМБ РАН,
[http://www.eimb.ru/RUSSIAN/
 GALLERY/BAYEV/bayev-ph.htm](http://www.eimb.ru/RUSSIAN/GALLERY/BAYEV/bayev-ph.htm)»

зависит ни от политического строя, ни от благополучия страны, ни от разнообразных реформ. Число молодых талантливых людей, приходящих в науку, остается постоянным. Для этого контингента занятие наукой самодостаточно, оно является целью жизни, а не средством для получения потребительских благ. Далеко не все из штатных научных работников являются убежденными и талантливыми исследователями, в некоторые периоды приливов финансирования в науку попадает балласт, для которого наука есть не цель, а средство.

В основе стремления к науке лежит появившийся еще у животных инстинкт – любопытство (инстинкт ориентирования), а может быть, даже и другое врожденное стремление, это стремление к игре. Великий американский физик Ричард Фейнман, в молодости участник Манхэттенского проекта, а в зрелости – создатель квантовой электродинамики, за которую он в 1965 году получил Нобелевскую премию, по совместительству – блестящий популярный лектор и музыкант-барabanчик, представлял себе появление науки приблизительно так.

Первобытные люди. Ночь. Все племя спит, но несколько человек не спят, смотрят в огонь костра. Вокруг где-то ходят хищные звери, в любой момент могут налететь враги. Эти природные «совы» нужны племени для того, чтобы предупреждать о ночных опасностях. Они не только смотрят в огонь, еще они рассматривают звездное небо и думают о разных делах, изобретают. Именно так возникли зародыши современной астрономии и инженерии, были открыты планеты, было изобретено колесо, а несколько раньше – лодка-долбленка – пирога, которая очень помогла человечеству преодолеть водные преграды и расселиться по всему земному шару. К другой деятельности эти мечтатели были не пригодны, но племя кормило их и защищало за их сторожевую функцию и уважало за ум и изобретательность. Все племя не имело никакой возможности заниматься такой протонаукой, нужно было рожать и воспитывать детей, собирать в лесу пропитание, охотиться, нападать на соседей. Небольшое же количество чудаков жить племени не мешало. В защиту фантазий Фейнмана я могу привести тот факт, что многие мои коллеги, а в последнее время компьютерщики, могут работать только ночью, днем они сладко спят. Никакой КЗоТ не заставит их перейти к дневному образу жизни.

Мы сами совсем недавно пережили лихие девяностые годы, когда казалось, что в науку перестанут приходить молодые ученые, и она, бедная, вот-вот погибнет. Этого не случилось. Видимо, наука для прослойки настоящих исследователей является настолько же естественной и унаследованной потребностью, как потребность в пище и размножении. Мотивация у этих людей заложена в их генах – они просто не могут жить иначе, несмотря

ни на какие трудности, опасности и унижения. Вспомним Джордано Бруно, Галилео Галилея, Кибальчича, который накануне смертной казни изобретал межпланетные ракеты, Туполева, который в тюрьме изобретал бомбардировщик и воздушный лайнер Ту-104, Королева, который работал в обычной шарашке и изобретал ракету «Протон» и наш знаменитый sputnik. Несть им числа. Заставить этих людей сделать что-то по заказу, вопреки их интересам, невозможно, да и не нужно, общество может лишь использовать их светлую энергию, подобно даровой энергии ветра и солнца.

Обществу важно помнить о том, что этим истинным исследователям, хотя они, как и все мы, любят свою родину, в общем-то, все равно, где заниматься наукой. Если прижать их к ногтю, они уедут в другую страну и будут там заниматься своей работой. Потеря тончайшего слоя истинных исследователей для страны смертельно опасна.

Последний масштабный эксперимент по выдворению неарийских яйцеголовых провел, как известно, «товарищ» Гитлер. До этого эксперимента Германия наряду с Англией была ведущей научной державой. Сейчас Германия эту позицию утеряла и до сих пор не оправилась от шока. Теперь весь мир должен догонять США. Такие дела.

Интересно, что далеко не у всех народов проявляется склонность к фундаментальной науке, а у некоторых эта потребность в фундаментальной науке в наступившую эпоху глобализации только нарождается.

К нашему счастью, россияне и, отмечу, украинцы, от природы и склонны заниматься, и способны заниматься фундаментальной наукой. Прав был Ломоносов, когда заметил, что «может собственных Платонов и быстрых разумом Невтонов Российская земля рождать».

Ученая прослойка, по мнению Фейнмана, выжила в эволюции еще по одной причине. Он обращает внимание на то, что большая часть действий, которые мы совершаем в нашей жизни, являются ритуалами. В проверенных жизнью ритуалах мы не задумываемся каждый раз о том, как будем печь хлеб, готовить пищу, делать вино, шить одежду и обувь, водить автомобиль... Если бы каждый раз нам нужно было не бездумно проводить ритуалы, а все время включать головной мозг, человечество давно бы вымерло. Подавляющая часть ритуалов для человечества полезна. В эволюции постоянно появляются и закрепляются новые ритуалы. Беда, однако, в том, что некоторые ритуалы на поверку оказываются либо бесполезными, либо даже вредными и затрудняют прогресс. Важнейшая функция природенных исследователей – смотрящих в огонь – во всем сомневаться, подвергать сомнению все, даже самые священные ритуалы, и препятствовать распространению и сохранению бесполезных и вредных ритуалов. Это довольно тонкая материя. Общество может позволить

себе содержание лишь очень небольшого слоя сомневающихся. Если бы все во всем сомневались, то человечество опять-таки остановилось бы и деградировало.

Тут мы переходим к важнейшей функции современной фундаментальной науки – к экспертизе. Фундаментальная наука оттачивает ум, она гораздо труднее, чем прикладная. Когда исследователь приходит к открытию, сперва он безумно радуется, а потом начинает изо всех сил подвергать его сомнению. Ведь если в его логику вкралась ошибка, ее обязательно позднее кто-то заметит, и открытие опровергнут. Фундаментальный исследователь должен быть честен – ведь ни природу, ни себя не обманешь.

Фейнман считал важнейшим требованием к истинной фундаментальной науке необходимость *“integrity”*. Это очень трудно переводимый термин. Переводы из словаря: *integrity* – целостность, сохранность, достоверность и правильность данных, соблюдение этических принципов, честность, высокие моральные качества. Поиск *integrity* иногда может занять многие годы. Гениальное озарение Дарвина о естественном отборе как причине образования биологических видов пришло к нему еще в молодости, во время кругосветного путешествия на корабле Ее Величества *Beagle* (1831–1836 гг.). А свою первую, оказавшуюся фундаментальной, работу «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятных рас в борьбе за жизнь» он опубликовал лишь спустя 23 года, в 1859 году.

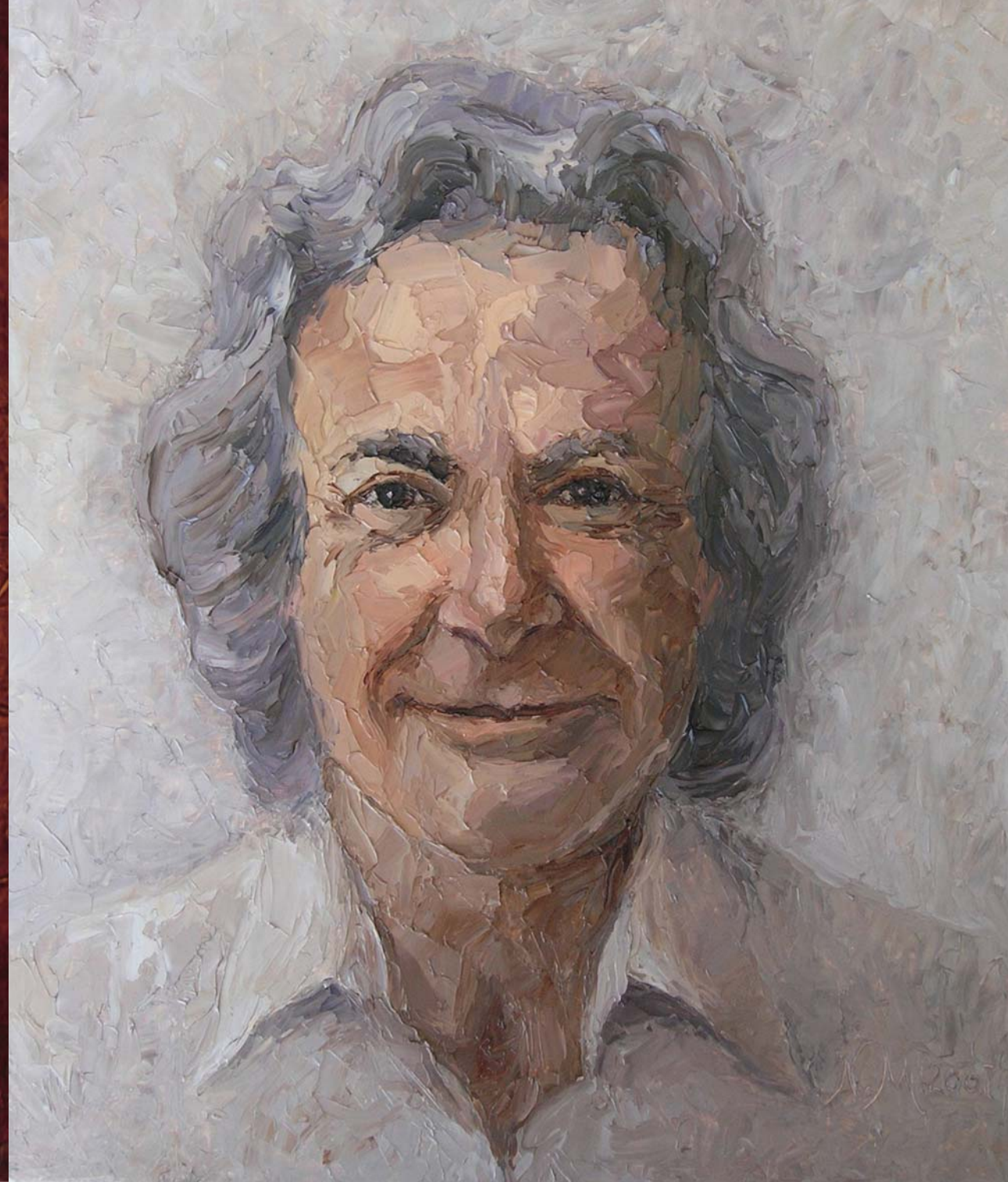
Натренировавшись в своей фундаментальной области, зрелый исследователь может быстро выяснить причины, приведшие к катастрофам и другим неприятностям, произошедшим из-за ошибок ученых-прикладников, инженеров или технических исполнителей. Его раскрепощенный ум быстро срывает figовые листки с ложных умозаключений и непригодных ритуалов и быстро обнажает правду. К тому же, маститому истинному исследователю сегодня не отрубуют голову за известие о том, что король-то голый.

Поучительны итоги проведенной Фейнманом блестящей экспертизы причин катастрофы американского космического челнока *Challenger*, в результате которой погибло семь человек, среди них одна простая школьная учительница. Катастрофа произошла в 1986 году, и проводил экспертизу Фейнман, будучи уже тяжело больным раком, от которого умер в 1988 году. Безопасность полета космического челнока гарантировала огромная когорта ученых и инженеров Американского космического агентства NASA. По подсчетам этой команды выходило, что вероятность тяжелой катастрофы челнока была равна 1 к 100 000, то есть эти люди утверждали, что одна катастрофа произойдет лишь в одном из 100 000 полетов. Такая надежность означала бы, что при ежедневном запуске одного шаттла, аварии случались бы в среднем лишь один раз за 274 года,



вопреки простому здравому смыслу и жизненным наблюдениям.

Правительство не зря привлекло к экспертизе Фейнмана. Не доверяя никому, он облетел всю Америку, посетил все конструкторские бюро и заводы, где конструировался и строился челнок, поговорил с тысячами инженеров и простых рабочих, перелопатил толстые тома технической документации. Очень скоро он выяснил, что вероятность катастрофы составляла не 1 к 100 000, а 1 к 10 (что и подтвердилось в дальнейшем



при запуске других челноков). К тому же он считал, что преувеличенная оценка надежности челнока была, скорее всего, не простой ошибкой, а результатом обмана. Ведь, как и мы грешные, американцы стремились запустить челнок к какому-то важному для политиков сроку. Фейнмана особенно возмутило то, что инженеры NASA обманули не только профессиональных астронавтов, для которых риск – часть их профессии, но и несчастную учительницу. Быть может, она не полетела бы на шаттле, зная о том, что истинная вероятность катастрофы составляет целых 10%.

Портрет Ричарда Фейнмана. Художник Натали Меерсон. 2007 г. Масло, фанера, 34×40 см. Публикуется с разрешения автора

Фейнман обратил внимание на то, что запуск челнока происходил при холодной погоде (около -3°C), нехарактерной для штата Флорида (мыс Канаверал) – обычно там тепло и зимой, и летом. Топливо в разгонных ступенях челнока – порох – было размещено в огромных тонкостенных барабанах без днищ. Несколько барабанов соединялись друг с другом встык. Стыки были герметизированы специальной эластичной резиной. Фейнман отодрал небольшой кусочек этой резины и обратил внимание на то, что на холоде она полностью теряет эластичность и даже трескается при сгибании. Во время запуска челнока, естественно, снимался фильм, и на кадрах, снятых перед самым взрывом, было отчетливо видно, что пороховые газы прожгли корпус разгонной ступени в одном из мест стыка, и пламя вырывалось из середины блока наружу. Фейнман отметил, что запуски шаттлов никогда ранее не проводились при столь низких температурах. Причина катастрофы стала ему ясна: резина потеряла эластичность и не смогла компенсировать небольшое расхождение со стыковкой пороховых барабанов в результате вибрации. Образовалась щель, и через нее проникла струя горячих пороховых газов.

Фейнман доложил о своих выводах правительственной комиссии, но многие из ее членов, в особенности сотрудники NASA, их отвергли. Однако Фейнман был блестящим лектором и даже артистом и решил использовать эти свои качества для того, чтобы доказать свою правоту сразу всему народу Америки. По итогам расследования состоялось телевизионное интервью. Там говорились разные обтекаемые речи, но Фейнман взял в компанию кусочек резиновой прокладки челнока и во время интервью попросил принести ему стакан воды со льдом. После этого он продемонстрировал в прямом эфире физический опыт: окунул резинку в ледяную воду и затем резко согнул ее. Резинка треснула, и всем сразу стало все ясно.

Если читатель еще не устал, пусть прочитает еще два рассказа об экспертизах, сделанных маститыми истинными смотрящими в огонь исследователями. Одним из таких ученых был академик Анатолий Петрович Александров, один из ключевых участников Российского атомного проекта, а через много лет после этого – Президент АН СССР. Для обуздания атома нужно было получить большое количество тяжелого изотопа водорода, дейтерия. Для этого, сперва нужно было наработать огромное количество жидкого водорода (температура кипения -253°C), а затем переогреть этот жидкий водород, собрав в высококипящем кубовом остатке малую толику дейтерия. Нужно было срочно создать крупномасштабное производство. Незадолго до этого на производстве жидкого водорода в одном из городов Центральной России произошел сильный

взрыв с человеческими жертвами. Александров предложил построить крупномасштабное производство дейтерия в Москве, где в достатке имелись необходимые высококвалифицированные кадры. Товарищ Берия спросил его: «А твой завод не взорвется? Ты знаешь про взрыв в городе N?» Александров ответил: «О взрыве я знаю. У нас взрыва не будет. Я ведь знаю его причину». Причиной же взрыва было то, что при перегонке водорода на самых холодных частях аппарата накапливался иней, состоящий из чистого твердого кислорода. Всем известно, что смесь водорода и кислорода – это гремучая смесь. Александров предложил гениально простое решение. На определенных интервалах времени сперва перегонялся водород, а затем установка полностью осушалась и прогревалась. Кислородный иней исчезал, и процесс можно было продолжить. Завод в Москве не взорвался. Анатолий Петрович Александров был настоящим смотрящим в огонь исследователем, крупнейшим специалистом в области физики полимеров, но смело брался за такие работы, которыми никогда раньше не занимался. Это и производство дейтерия, и размагничивание советских судов, и испытание атомных реакторов, и создание атомного надводного и подводного флота.

Такая широта кругозора свойственна многим крупным фундаментальным ученым, взявшимся за решение прикладных задач.

Третий пример блестящей экспертизы – это расследование причин вспышки смертельной сибирской язвы, произошедшей в 1979 году вблизи города Свердловска, в окрестностях военного завода объединения «Биопрепарат», занимавшегося разработкой и производством бактериологического оружия и, скажем для справедливости, средств борьбы с биологическим оружием. В 1976 году СССР и США заключили договор о запрещении производства биологического оружия ввиду того, что его после первых случаев военного применения японцами в Китае, наконец, сочли варварским, и к тому же малоэффективным и чрезвычайно опасным как для обороняющегося, так и для нападающего. Несмотря на соглашение, исследования и мелкомасштабные производства компонентов бактериологического оружия продолжались как в США, так и в СССР. Причиной аварии была ошибка персонала – работник не поставил вовремя воздушный фильтр, и споры сибирской язвы разнесло ветром по большой территории. По официальным данным, погибли 64 человека. Наши санитарные службы и военные микробиологи причину вспышки объяснили очень быстро. Решающим признаком было то, что болезнь протекала в самой тяжелой, легочной форме, что могло случиться лишь при поступлении спор через дыхательные пути. Но сообщать открыто об этом прискорбном случае в ту пору было никак нельзя,

власти списали все на передачу микробов человеку через мясо случайно заболевшего крупного рогатого скота. В начале 1990-х годов во время ельцинского правления в российско-американских отношениях наступило потепление, и состоялись взаимные визиты американских и российских военных микробиологов в те места, где создавалось и испытывалось бактериологическое оружие и соответствующие вакцины-противоядия.

Российско-американская делегация посетила Свердловское предприятие «Биопрепарат» для выяснения истинной причины вспышки сибирской язвы. Эту делегацию возглавлял американский профессор Мезельсон, человек, который вместе со своим товарищем Сталем когда-то сделал самый блестящий в мире, по моему мнению, биохимический эксперимент. Эти ученые с помощью ультрацентрифуги и нерадиоактивного тяжелого изотопа $\text{N}15$, кстати, полученного из СССР, поскольку этот изотоп не производился в то время в Америке, в 1958 году показали, что при удвоении ДНК $\text{N}15$, введенный в среду, не распределяется равномерно между двумя нитями ДНК синтезируемой делящейся клеткой, а сперва включается только в одну дочернюю нить, которая является копией исходного полимера. Так был доказан полуконсервативный механизм передачи наследственного вещества от поколения к поколению.

Мезельсон провел экспертизу в России очень тщательно и очень быстро. Ему показали все документы, незадолго до того бывшие совершенно секретными, и лабораторию, в которой произошла авария. Он, однако, не удовлетворился увиденным и подробно поговорил

Академик А. П. Александров. 1982 г.
Фото В. Т. Новикова



с местным населением, посетил местное кладбище, записал даты смерти, указанные на табличках, потребовал и получил розы ветров для тех дней, в которые произошла катастрофа. Он очень быстро пришел к тем же выводам, что и секретная советская комиссия, и счел доказанным, что вспышка легочной сибирской язвы произошла именно из-за аварии на военном предприятии. До момента этой экспертизы Мезельсон никогда не занимался военной микробиологией.

Эрго для ФАНО: Умудренные опытом, честные, приученные к соблюдению принципа *integrity* фундаментальные ученые могут и должны участвовать в крупных экспертизах проектов и причин катастроф, и эти экспертизы иногда дают огромный экономический и политический эффект. Вопрос только в одном – как найти и как привлечь таких ученых к экспертизам. Особая оплата не является для них решающим стимулом. Привлекать к экспертизе рекомендуется только тех, кто еще в молодые годы достиг серьезных результатов в фундаментальной науке и приобрел в научной среде высокий авторитет.

Открою управленцам-экономистам еще одну ахиллесову пяту фундаментальных ученых. Поскольку от первого момента открытия до окончательного доказательства *integrity* проходит много времени, ученые иногда подолгу работают лишь с недостаточной для них интеллектуальной нагрузкой. В течение значительных промежутков времени они стараются, но не могут открыть ничего нового, и у них возникает особый комплекс – насущная потребность сделать что-нибудь полезное для общества. Фейнман был активнейшим участником Манхэттенского проекта и завоевал у коллег крупнейший авторитет. Однако у него возникло отвращение к разработке оружия массового уничтожения. Он был очень впечатлительным человеком. И ему снилось, как разрушается Нью-Йорк при атомной атаке, как рушатся стены, падают небоскребы и погибают люди. Он демобилизовался из Манхэттенского проекта уже в 1945 году в возрасте 27 лет.

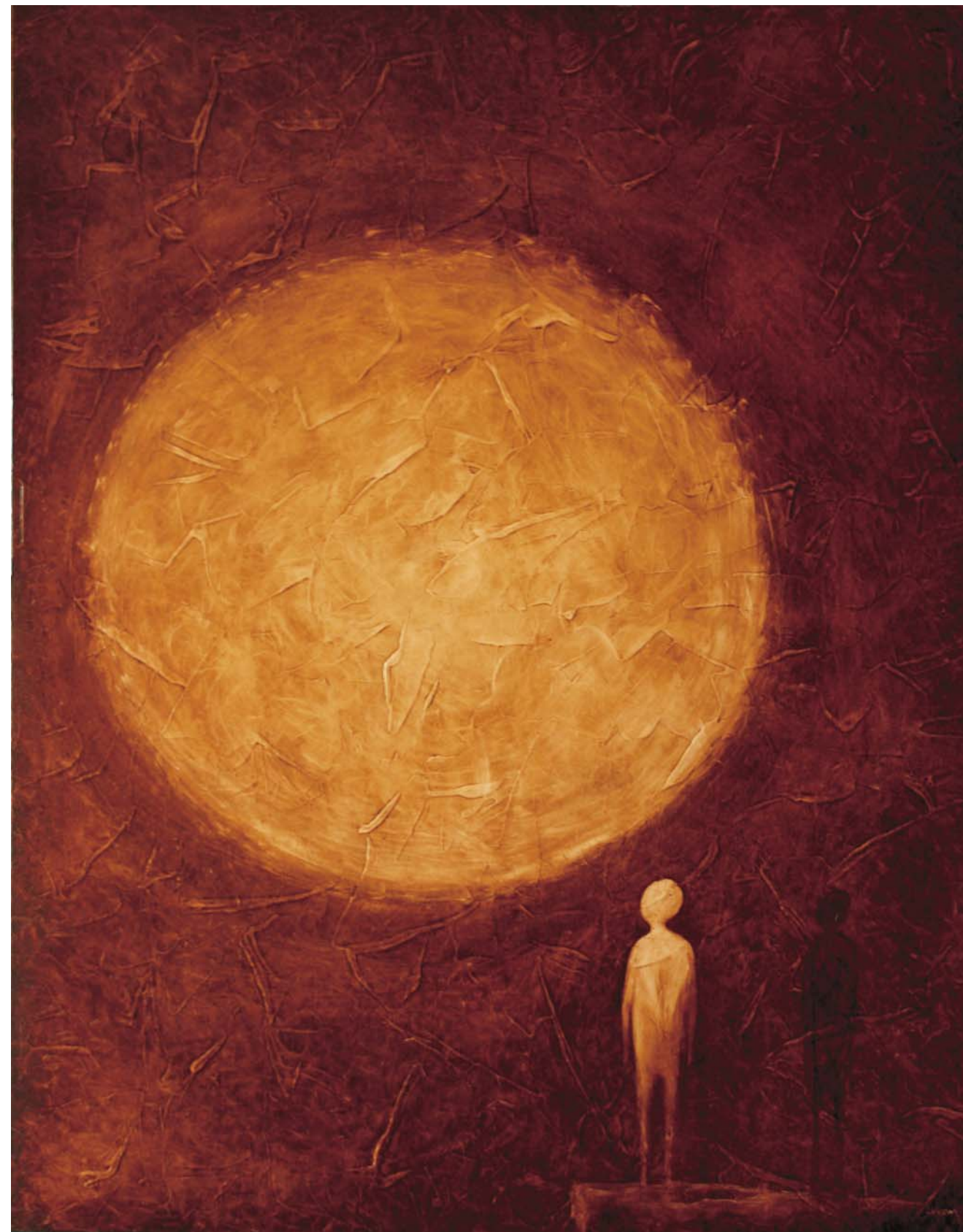
И решил поступить в один из гражданских институтов или университетов. Его сразу же пригласили в знаменитый Принстонский институт высших исследований, где работал великий Эйнштейн. Но Фейнман отказался, он подумал: «А что будет, если я буду числиться в этом элитном институте, получать высокую зарплату и другие блага, а фундаментальные открытия я сделать так и не смогу»? Он решил пойти в один из университетов и рассуждал так: «Я буду преподавать физику студентам и получать деньги за это. В свободное же время, если придет вдохновение, я попытаюсь сделать научное открытие, но это будет сделано добровольно, а не в обязательном порядке. Мне не будет

неудобно, если открытие не состоится». Он поступил сначала в Корнельский университет, а позднее – в Калифорнийский технологический институт, где весело преподавал физику, создал «фейнмановские» лекции по физике – самое знаменитое учебное пособие для всех стран, включая и СССР, а в свободное время ходил в бар, где занимался метанием вращающихся тарелочек – в то время в моде была такая игра. Станным образом, из этой игры в его голове и возникла концепция квантовой электродинамики, за которую он получил Нобелевскую премию в 1965 году. Итак, крупные фундаментальные ученые страдают комплексом вины в то время, когда они не могут делать фундаментальные открытия, и с удовольствием начинают делать практические дела – преподавать или изобретать, или решать прикладные задачи. Это и есть те моменты, в которые фундаментального ученого можно взять за жабры и привлечь к решению практически важных, в том числе сулящих экономическую выгоду, проектов.

Наша общая задача – сохранить тончайший слой смотрящих в огонь и способных делать фундаментальные открытия молодых и не очень молодых ученых. Им надо дать возможность спокойно работать. Во имя этой важнейшей задачи наука и власть обязаны найти общий язык, и сделать это нужно как можно скорее.

Спасибо моей любимой жене Елене Валентиновне Лихошвай за то, что она придумала название – «Смотрящие в огонь» и за все-все-все.
М.Г.

В публикации использованы работы художника Игоря Лекомцева «Музыка розовой флейты», «Свет», «Смотрящие на огонь», «Рождение сверхновой», «Один или двое? Солнце или луна?». Холст, масло.
<http://www.il-gallery.com/>



В. В. ВЛАСОВ, С. П. МЕДВЕДЕВ, С. М. ЗАКИЯН

«Редакторы» геномов

ОТ «ЦИНКОВЫХ ПАЛЬЦЕВ» ДО CRISPR



Появление методов манипулирования генетическим материалом ознаменовало собой настоящую революцию в биологии, биотехнологии и медицине. Направленное вмешательство в геном живых организмов позволило решать широкий спектр задач, начиная от создания модифицированных видов бактерий, растений и животных, обладающих новыми ценными свойствами, и клеточных моделей, необходимых для создания новых лекарств, до разработки методов генотерапии, открывающей перспективы исправления врожденных генетических нарушений

Ключевые слова: направленное редактирование геномов, искусственные нуклеазы, система CRISPR/Cas9, клеточные модели заболеваний человека.
Key words: targeted genome editing, artificial nucleases, CRISPR/Cas9 system, cell models of human diseases

Чтобы успешно вторгнуться в «святыню» клетки – ее наследственный материал, необходимы технологии, позволяющие расщеплять и соединять молекулы ДНК в заданных участках.

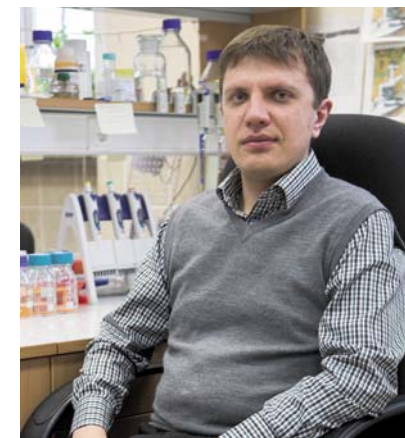
Для этих целей можно использовать рестриктазы – ферменты, способные узнавать определенные короткие нуклеотидные последовательности и расщеплять по ним молекулу ДНК. Для соединения нуклеотидных фрагментов используют ферменты ДНК-лигазы, которые входят в состав природных ферментных комплексов, исправляющих (репарирующих) повреждения в структуре ДНК. «Сшивку» ДНК можно осуществлять также ферментными комплексами системы рекомбинации, благодаря которой происходит обмен гомологичных фрагментов в составе геномных ДНК в процессе образования половых клеток.

Открытие ферментов рестрикции и ДНК-лигаз в 1960–1970-х гг. стало толчком к появлению генетической инженерии: с помощью этих ферментов оказалось возможным расщеплять ДНК на заданные фрагменты и вновь соединять их, формируя новые генетические конструкции. Так получали (и получают сейчас) различные варианты бактериальных и вирусных геномов.

Однако с помощью такого набора инструментов оказалось крайне трудно манипулировать большими сложными геномами высших организмов. Проблема заключалась в том, что ферменты рестрикции могут «узнавать» только относительно короткие последовательности ДНК. Такой специфичности вполне достаточно для работы с короткими ДНК вирусов и бактерий, поскольку в пределах той же бактериальной ДНК конкретные короткие нуклеотидные последовательности встречаются не слишком часто. Поэтому практически всегда можно подобрать рестриктазу, которая расщепит бактериальную ДНК на достаточно небольшой набор



ВЛАСОВ Валентин Викторович – действительный член РАН, председатель Объединенного ученого совета СО РАН по биологическим наукам, директор Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск), заведующий кафедрой молекулярной биологии Новосибирского государственного университета. Лауреат государственной премии РФ (1999). Автор и соавтор более 460 научных работ и 29 патентов

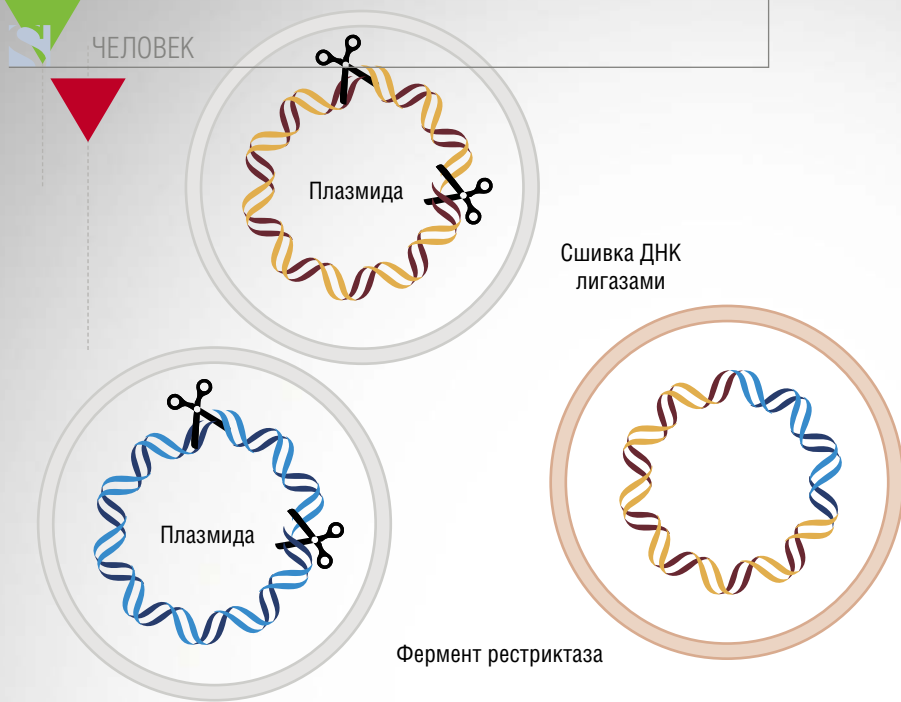


МЕДВЕДЕВ Сергей Петрович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института цитологии и генетики СО РАН и Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск), ведущий научный сотрудник Новосибирского научно-исследовательского института патологии кровообращения им. академика Е. Н. Мешалкина. Автор и соавтор 14 научных работ

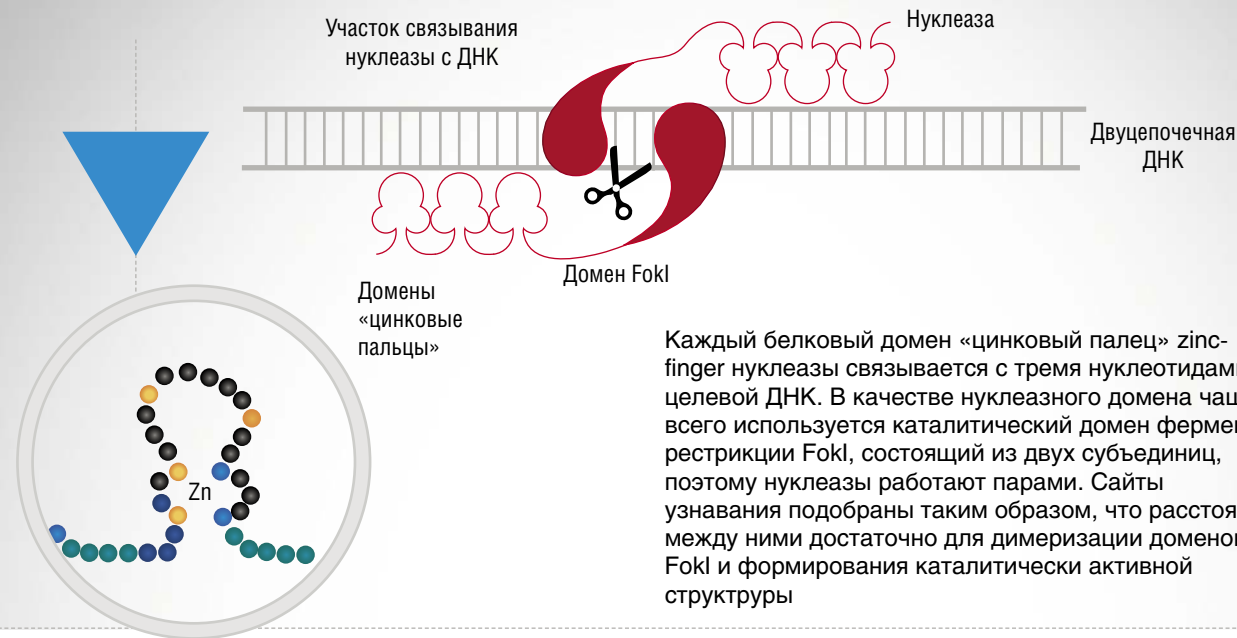


ЗАКИЯН Сурен Минасович – доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией эпигенетики развития Института цитологии и генетики СО РАН, заведующий лабораторией молекулярной и клеточной медицины Новосибирского научно-исследовательского Института патологии кровообращения им. академика Е. Н. Мешалкина, заведующий лабораторией стволовой клетки Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН. Автор и соавтор 215 научных работ, 5 патентов и 3 монографий

© В. В. Власов, С. П. Медведев С. М. Закиян, 2014



В генетической инженерии для манипуляций с геномами вирусов и бактерий используют ферменты рестрикции, которые разрезают молекулу ДНК и ДНК-лигазы, соединяющие фрагменты ДНК в нужную конструкцию. Для создания генетических переносчиков-«векторов» часто используются бактериальные плазмиды – функционирующие автономно от основного носителя наследственности генетические образования, представляющие собой небольшие кольцевые двуцепочечные молекулы ДНК



Каждый белковый домен «цинковый палец» zinc-finger нуклеазы связывается с тремя нуклеотидами целевой ДНК. В качестве нуклеазного домена чаще всего используется каталитический домен фермента рестрикции FokI, состоящий из двух субъединиц, поэтому нуклеазы работают парами. Сайты узнавания подобраны таким образом, что расстояние между ними достаточно для димеризации доменов FokI и формирования каталитически активной структуры

фрагментов, из которых можно затем выбрать нужные. Если повезет, то можно будет даже подобрать фермент, который расщепит ДНК в одном, точно определенном месте.

Но специфичности рестриктаз совершенно недостаточно для работы с геномами растений и животных. Такие геномы содержат множество коротких последовательностей нуклеотидов, которые узнаются рестриктазами, поэтому направленное воздействие на один определенный участок становится невозможным. Между тем для решения большого числа важнейших задач биотехнологии и фундаментальной медицины требовались эффективные и точные инструменты для осуществления точечного воздействия на определенные участки ДНК в составе геномов высших организмов, в том числе человека.

Сначала были химеры

Первые попытки создания методов редактирования сложных геномов связаны с конструированием «искусственных ферментов» в виде олигонуклеотидов (коротких нуклеотидных последовательностей), которые могли бы избирательно связываться с определенными последовательностями в структуре целевой ДНК и несли бы на себе химические группы, способные расщеплять ДНК (Кнорре, Власов, 1985). Однако до сих пор эффективных методов расщепления ДНК на такой основе создать не удалось.

Реально работающим подходом оказалось конструирование химерных нуклеаз – сложных белков, содержащих две структурные единицы, одна из которых катализирует расщепление ДНК, а вторая способна

избирательно связываться с определенными нуклеотидными последовательностями в составе целевой молекулы, направляя на этот участок действие нуклеазы. Подобные химерные нуклеазы можно «производить» непосредственно в клетке: для этого в нее вносят соответствующие генно-инженерные конструкции (векторы), кодирующие нуклеазы. Такие векторы снабжаются сигналом ядерной локализации – белковой структурой, обеспечивающей поступление конструкции в ядро клетки к геномной ДНК.

Первыми среди химерных нуклеаз стали zinc-finger нуклеазы, в состав которых в качестве адресующих структур входят так называемые «цинковые пальцы». Последние представляют собой белковые домены (достаточно стабильные и независимые элементы третичной структуры белка), содержащие молекулу цинка и по форме действительно напоминающие палец (Kim *et al.*, 1996). Каждый «цинковый палец» способен «узнать» и специфично связаться с определенной последовательностью ДНК из трех нуклеотидов.

Нужно сказать, что домены «цинковые пальцы» встречаются в составе человеческих факторов транскрипции – белков, регулирующих процесс синтеза РНК с матрицей ДНК. При создании искусственных нуклеаз можно сконструировать цепочку из «цинковых пальцев» так, что она будет узнавать определенный участок ДНК. Если такая цепочка будет достаточно длинной, она может распознавать относительно протяженные последовательности ДНК, состоящие из ряда тринуклеотидных фрагментов. Это означает реальную возможность точечного воздействия на заданные участки в составе больших сложных геномов.

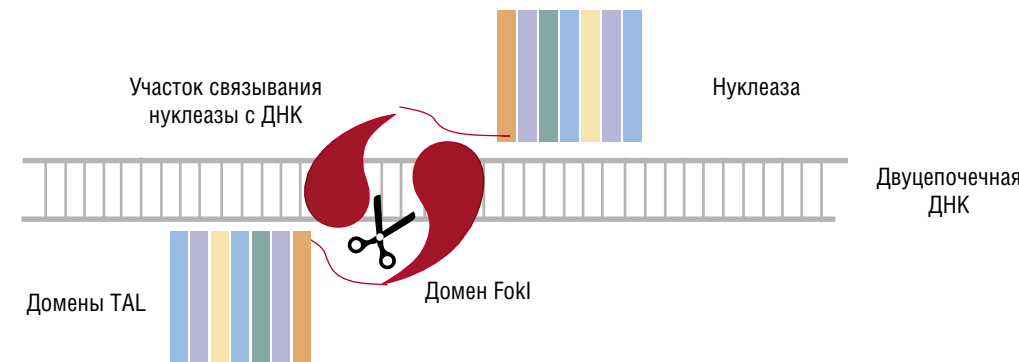
Однако у метода «цинковых пальцев» обнаружились и серьезные недостатки: во-первых, это не вполне

строгое распознавание тринуклеотидных повторов, что приводит к заметному числу расщеплений ДНК в «нецелевых» участках. Во-вторых, метод оказался весьма трудозатратным и дорогостоящим, поскольку для каждой последовательности ДНК необходимо создать свою оптимизированную белковую структуру zinc-finger нуклеазы. Поэтому система «цинковые пальцы» широкого распространения не получила.

Более перспективным средством избирательного воздействия на ДНК оказались конструкции на основе химерных нуклеаз, названные TALENs (от *Transcription Activator-like Effector Nucleases*) (Sanjana *et al.*, 2012). Роль ДНК-распознающих структур в них играют белковые домены, каждый из которых «узнает» только один нуклеотид. Природным прототипом таких доменов явились белки (TAL-effectors) некоторых бактерий, паразитирующих в клетках сельскохозяйственных растений. Эти бактериальные белки, попадая в ядро растительной клетки, имитируют транскрипционные факторы и связываются с определенными участками ДНК, активируя таким образом гены, необходимые для выживания паразита.

Поскольку механизм «узнавания» ДНК в данном случае однозначен и прост (один нуклеотид распознается одним белковым доменом), то получение конструкции, специфично распознающей нужную исследователю нуклеотидную последовательность, – относительно простая задача.

Каждый из белковых доменов TALE узнает один нуклеотид ДНК. Как и zinc-finger нуклеазы, нуклеазы TALENs обычно используют нуклеазный домен FokI. Нуклеазы также работают парами: каждый из «распознающих» блоков узнает свой специфический участок целевой ДНК



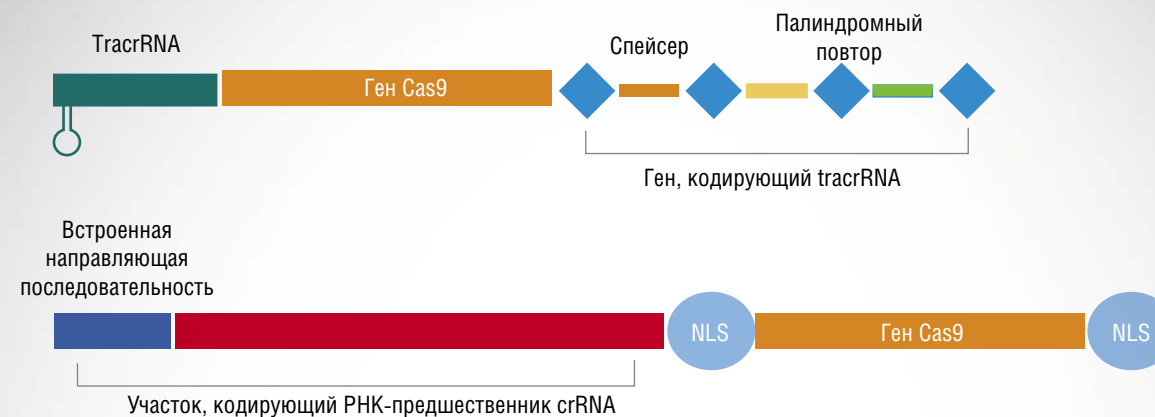
Соединяя такую направляющую конструкцию с ферментом, расщепляющим ДНК (как правило, для этих целей используется FokI – каталитический домен фермента рестрикции), мы получаем систему с высокой специфичностью действия.

Здесь нужно отметить, что для успешного разрезания молекулы ДНК с помощью FokI необходимо две субъединицы этого фермента. Поэтому все химерные нуклеазы, в составе которых имеется FokI, работают парами: каждая из них узнает свой специфический участок на разных цепочках молекулы ДНК. Эти целевые сайты выбираются так, чтобы они находились на небольшом (10–20 нуклеотидов) расстоянии, достаточном для димеризации доменов FokI, в результате которой формируется каталитически активная структура. Поскольку каждый из блоков такой бинарной нуклеазы связывается с ДНК независимо, точность расщепления ДНК повышается, а воздействие на «нецелевые» последовательности минимизируется.

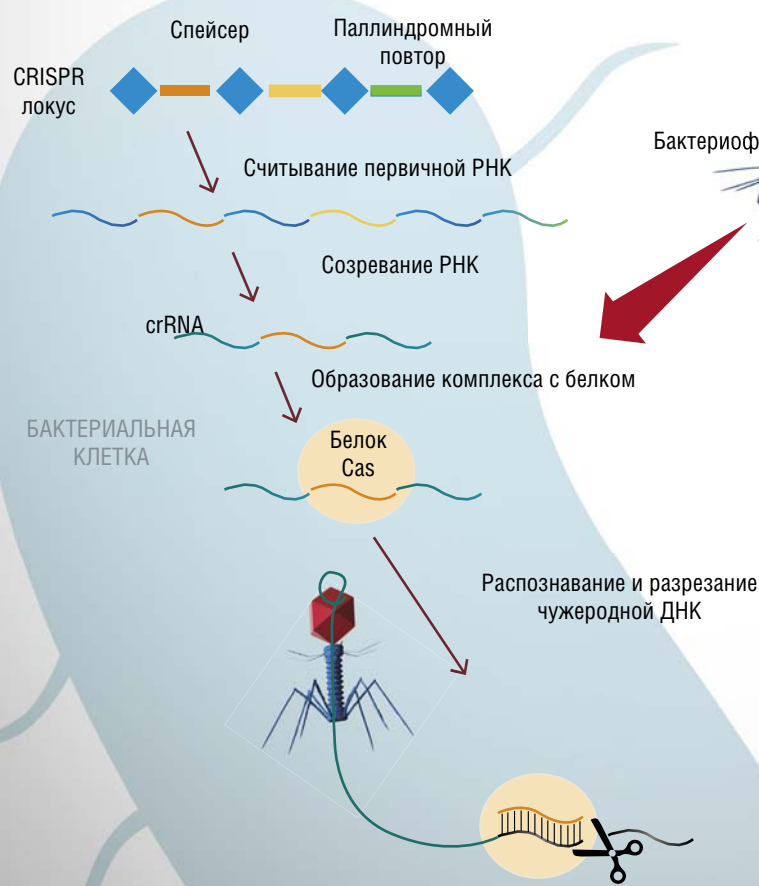
Бактериальное ноу-хау

С помощью искусственных нуклеаз TALENs оказалось теоретически возможным внести двунитевой разрыв в любой участок генома. В 2011 г. методы геномной инженерии, в первую очередь использование TALENs, были названы авторитетным журналом «Nature Methods» «методом года» благодаря колоссальному спектру возможных применений в самых разных областях фундаментальной и прикладной науки, от функциональной геномики и биологии развития до сельскохозяйственной биотехнологии.

Однако в 2012–2013 гг. в этой области произошел поистине революционный прорыв: был разработан новый метод генетической инженерии CRISPR/Cas, открывший принципиально новые возможности для манипуляций на уровне генома высших организмов (Cong *et al.*, 2013). Этот метод чрезвычайно прост, обеспечивает точное воздействие на заданные участки ДНК и может быть использован практически в любой современной молекулярно-биологической лаборатории.



Природная защитная система CRISPR/Cas типа II-A бактерии *Streptococcus pyogenes*, состоит из трех генов (вверху). Созданная на ее основе упрощенная искусственная генетическая конструкция состоит всего из двух генов, в том числе гена, кодирующего одну направляющую РНК, способную опознавать целевой участок ДНК (внизу). В конструкцию также встроен ген NLS, кодирующий сигнал ядерной локализации – белок, обеспечивающий поступление конструкции в ядро клетки



Бактериальный CRISPR локус состоит из повторяемых последовательностей ДНК, между которыми располагаются спейсеры – небольшие фрагменты чужеродной ДНК. В случае проникновения в бактериальную клетку бактериофага запускается специфический механизм защиты. Сначала с CRISPR-локуса синтезируется протяженная первичная РНК, которая «созревает» – разрезается на более короткие фрагменты (crRNA). Каждая crRNA содержит участок, соответствующий спейсеру, и кусочки повторяющихся палиндромных последовательностей, отвечающие за привлечение Cas-белков. Спейсер комплементарно связывается с определенным участком в ДНК бактериофага, а белок разрезает ее

В отличие от химерных нуклеаз, в CRISPR/Cas структурами, узнающими ДНК, являются не белки, а короткие РНК. Идея создания такой системы родилась при изучении механизмов, которые бактерии используют для защиты от своих патогенных вирусов (бактериофагов). Конкретно речь идет о своеобразных «иммунных» реакциях бактерий на проникновение определенного бактериофага, которая выражается в избирательном расщеплении его геномной ДНК.

Работа этого механизма обеспечивается специальными участками бактериального генома – CRISPR локусами (от Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats – короткие палиндромные повторы, регулярно расположенные группами). Как видно по названию, этот локус состоит из стандартных повторенных некодирующих последовательностей бактериальной ДНК, а разделяют эти повторы спейсеры – короткие фрагменты чужеродной (вирусной или плазмидной) ДНК. Последние встраиваются в бактериальный геном после того, как ДНК бактериофага, попавшего в клетку бактерии, рекомбинирует с ее геномом. Состав и порядок расположения спейсеров указывает на число «атак» различных вирусов, успешно пережитых самой бактериальной клеткой и (или) ее родительскими поколениями.

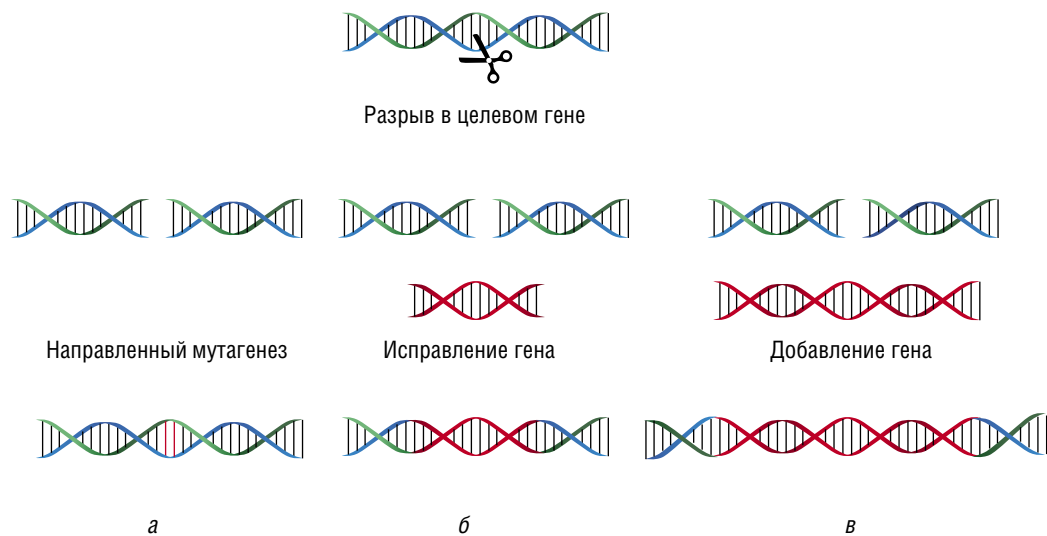
Как это работает? При повторном проникновении в бактериальную клетку уже «известного» ей вируса происходит синтез протяженной первичной РНК, закодированной в CRISPR-локусе. В результате «созревания» этой первичной ДНК образуется ряд коротких фрагментов (crRNA), каждый из которых состоит из специфического участка, соответствующего

спейсеру, и универсальных участков, соответствующих палиндромным повторам бактериальной ДНК. Бактериальная ДНК отвечает за привлечение уже упоминавшихся Cas-белков, а спейсер играет роль наводчика: он связывается с определенным, комплементарным ему участком вирусной ДНК, после чего белки Cas разрезают ее, обеспечивая уничтожение бактериофага. Благодаря своей высокой специфичности и способности к быстрой «настройке» система CRISPR/Cas работает очень эффективно, обеспечивая бактерии и ее потомству надежную защиту от патогенов.

К настоящему времени детально описаны несколько типов защитных систем CRISPR, функционирующих в клетках различных бактерий. Наиболее «популярной» оказалась система CRISPR/Cas типа II-A, обнаруженная у бактерии *Streptococcus pyogenes*, которая состоит из трех генов, кодирующих crRNA, транскрибирующую РНК (tracrRNA) и белок Cas9. На основе этой системы и были созданы универсальные генетические конструкции, кодирующие элементы искусственного «редактора генома» CRISPR/Cas.

Был создан и упрощенный вариант системы, функционирующей в виде комплекса из белка Cas9 и единой направляющей РНК, состоящей из транскрибирующей CRISPR РНК и короткой «зрелой» crRNA. Направляющая последовательность опознает целевой участок ДНК и комплементарно связывается с ним, а Cas9 – разрезает ДНК в нужном месте.

С помощью системы CRISPR/Cas можно осуществлять все виды модификаций генома: вносить точечные мутации, встраивать в определенные места новые гены либо, наоборот, удалять крупные участки нуклеотидных



Система CRISPR/Cas позволяет разрезать цепь ДНК в одном, строго определенном месте. Репарация («ремонт») ДНК в месте разреза может происходить по пути негомологичного соединения концов, в результате чего с большой частотой возникают мутации (а). Если же в клетку доставить искусственно синтезированную донорскую молекулу, которая гомологична участку разрыва, то таким образом можно произвести либо замену участка гена (б), либо направленную вставку трангена (в)

Настоящее и будущее

последовательностей, исправлять или заменять отдельные генетические элементы и фрагменты генов.

Технологически стратегия геномной инженерии с помощью системы CRISPR/Cas включает в себя следующие этапы: выбор целевой последовательности и определение вида необходимого воздействия; создание ген-направленной конструкции и доставка ее в клеточное ядро; анализ участка генома, подвергнутого воздействию.

Система CRISPR может быть использована для получения как генетически модифицированных клеток, выращиваемых в культуре, так и живых организмов. В первом случае в клетки вводят плазмиды или вирусные векторы, которые обеспечивают высокий и устойчивый синтез элементов системы CRISPR/Cas. Во втором случае в одноклеточные эмбрионы животных путем микроинъекции вводят уже «готовые» sgRNA и мРНК, с которой происходит синтез белка Cas9. Для получения генетически модифицированных растений, клетки которых имеют прочную оболочку, используют выращиваемые в культуре протопласты (растительные клетки без внешней оболочки) и плазмиды, кодирующие элементы CRISPR/Cas. Другой подход, применяемый для растений, – использование агробактерий, природных «генных инженеров», несущих специальную плазмиду.

Благодаря своей простоте, эффективности и широким возможностям система CRISPR/Cas за короткое время уже нашла применение в самых различных областях фундаментальной и прикладной биологии, биотехнологии и медицины.

Внося модификации в различные элементы генома клеток животных и растений и изучая последствия, ученые получают возможность исследовать роль отдельных генов в функционировании отдельных клеток и всего организма в целом. С помощью системы CRISPR/Cas уже получен ряд мутантных лабораторных животных (мышей, крыс, лягушек, рыб). Все эти модельные организмы открывают новые перспективы для исследований в области биологии развития, иммунологии и изучения заболеваний человека и животных.

Уникальная способность комплекса системы CRISPR/Cas избирательно связываться с определенными участками ДНК позволила разработать на ее основе регуляторы активности генов. Для этого в систему включают каталитически неактивный мутантный белок Cas9, к которому могут быть присоединены белки, активирующие или подавляющие функции промоторов, управляющих работой генов. При связывании такого комплекса с целевой ДНК может подавляться либо стимулироваться работа целевого гена.

Более того, при использовании системы CRISPR/Cas возможно одновременно вводить в клетки несколько генетических конструкций, направленных на разные участки генома. Это позволяет воздействовать на работу одновременно нескольких генов, чтобы исследовать взаимоотношения между ними и их участие в нормальных и патологических процессах жизнедеятельности. Таким способом можно, например, определить мутации в генах, ответственные за развитие устойчивости раковых опухолей к химиотерапии.

Одной из важнейших задач современной биомедицины является создание клеточных моделей для поиска и доклинического исследования новых лекарств. Внося направленные модификации в геном стволовых клеток человека, мы получаем линии клеток-моделей наследственных заболеваний, вызванных нарушениями функций определенных генов. Такие клеточные линии являются, по сути, неограниченным источником «пациентов в пробирке», на которых можно проводить тестирование десятков тысяч различных химических соединений – потенциальных лекарств.

Большие надежды на CRISPR/Cas возлагаются и в связи с развитием генотерапии. Несмотря на многолетние широкие исследования, до настоящего времени не удалось разработать приемлемых методов введения в клетки генов, замещающих дефектные. Главная причина неудач – применение генетических конструкций, содержащих «лишнюю» ДНК (бактериальную или вирусную), к тому же встраивались они неуправляемо, в произвольные участки генома. Все это приводило к различным нарушениям работы генетического аппарата, в том числе к злокачественному перерождению клеток. Однако CRISPR/Cas позволяет вводить гены в геном с хирургической точностью, что делает генотерапию безопасной.

Более того, с помощью этого метода можно не вводить извне «чужие», но редактировать собственный генетический аппарат, сохраняя «свои» системы регуляции.

К важнейшим задачам современной биотехнологии и биомедицины, нуждающихся в развитии технологий редактирования геномов, относятся:

- создание растений и животных, обладающих новыми, ценными свойствами и признаками (урожайность, устойчивость к неблагоприятным условиям среды, вредителям и патогенам);
- получение мутантных модельных животных для исследования заболеваний человека;
- разработка методов генотерапии, исправления генетических мутаций в культивируемых стволовых клетках человека;
- создание клеточных моделей для поиска и доклинического исследования новых лекарств

Так уже удалось отредактировать аномальный ген в стволовых клетках пациента, страдающего муковисцидозом (Schwank *et al.*, 2013). Такие клетки с «отремонтированным» геномом могут быть трансплантированы обратно в организм больного, где они заменят больные клетки и восполнят утраченную ими функцию.

Применение метода CRISPR/Cas в комбинации с клеточными технологиями открывает принципиальную возможность радикального избавления людей от генетических заболеваний, таких как сахарный диабет, хорей Хантингтона, мышечные дистрофии и др. Генетическое вмешательство может быть осуществлено на уровне эмбрионов, получаемых при проведении экстракорпорального оплодотворения, из которых можно вырастить организм, все клетки которого будут иметь модифицированный геном. Препятствием на пути развития таких технологий являются только этические проблемы: вся необходимая техника уже существует и опробована на лабораторных животных. Например, удалось вырастить здоровых мышей из эмбриональных клеток, в которых был скорректирован дефектный ген, ответственный за развитие катаракты. Эти особи дали здоровое потомство (Wu *et al.*, 2013).

Современные средства терапии, к сожалению, не способны воздействовать на вирусную ДНК, находящуюся в составе человеческой ДНК. Системы, функционирующие по механизму CRISPR, возможно, позволят в будущем радикально излечивать подобные хронические заболевания, вызываемые вирусами, встраивающимися в геном человека (вирусами гепатита В, герпеса, ВИЧ и др.). Так, известен случай излечения от СПИДа так называемого «берлинского пациента» Т. Брауна в результате пересадки ему стволовых клеток крови от донора, несущего мутацию «невосприимчивости» к ВИЧ. С помощью технологии CRISPR/Cas возможно внести мутацию в этот ген в клетках, которые могут быть затем трансплантированы в организм зараженного.

Одной из важнейших задач современной биотехнологии является создание новых пород скота, а также сельскохозяйственных культур растений, высокоурожайных и устойчивых к неблагоприятным условиям. Главной целью применения метода CRISPR/Cas в биотехнологии является создание генетически модифицированных животных и посевных растений, которые бы обладали новыми ценными свойствами. С помощью этой системы уже внесены точные модификации в геном пшеницы и табака, получены сорта риса, устойчивые к бактериям *Xanthomonas*, вызывающие бактериальную гниль, которая наносит большой экономический ущерб сельскому хозяйству (Chen, Gao, 2013).

Еще одним интересным биотехнологическим направлением применения системы CRISPR/Cas является получение линий животных или растений, способных синтезировать белки человека, например, инсулин,



М. н. с. лаборатории эпигенетики развития ИЦиГ СО РАН Михаил Сорокин, аспиранты ИЦиГ СО РАН Анастасия Стекленева, Артем Немудрый, Камила Валетдинова, с. н. с. лаборатории эпигенетики развития ИЦиГ СО РАН Сергей Медведев и студентка 5 курса ФЕН НГУ Туяна Маланханова в лаборатории эпигенетики развития ИЦиГ СО РАН

Хотя система редактирования геномов CRISPR/Cas была создана лишь в 2012 г., она уже применяется во многих лабораториях и компаниях развитых стран. Опубликованы сотни результатов исследований с применением этой технологии, описаны десятки успешных экспериментов по редактированию геномов дрожжей, грызунов, насекомых, растений и человеческих клеток.

Компоненты системы в виде готовых наборов производятся компанией «Life Technologies», недавно слившейся с компанией «Thermo Fisher» (США), и доступны для исследователей. Крупнейшие фармацевтические фирмы, такие как «Takeda», формируют с помощью технологии CRISPR банки генетически модифицированных стволовых клеток – клеточных моделей заболеваний.

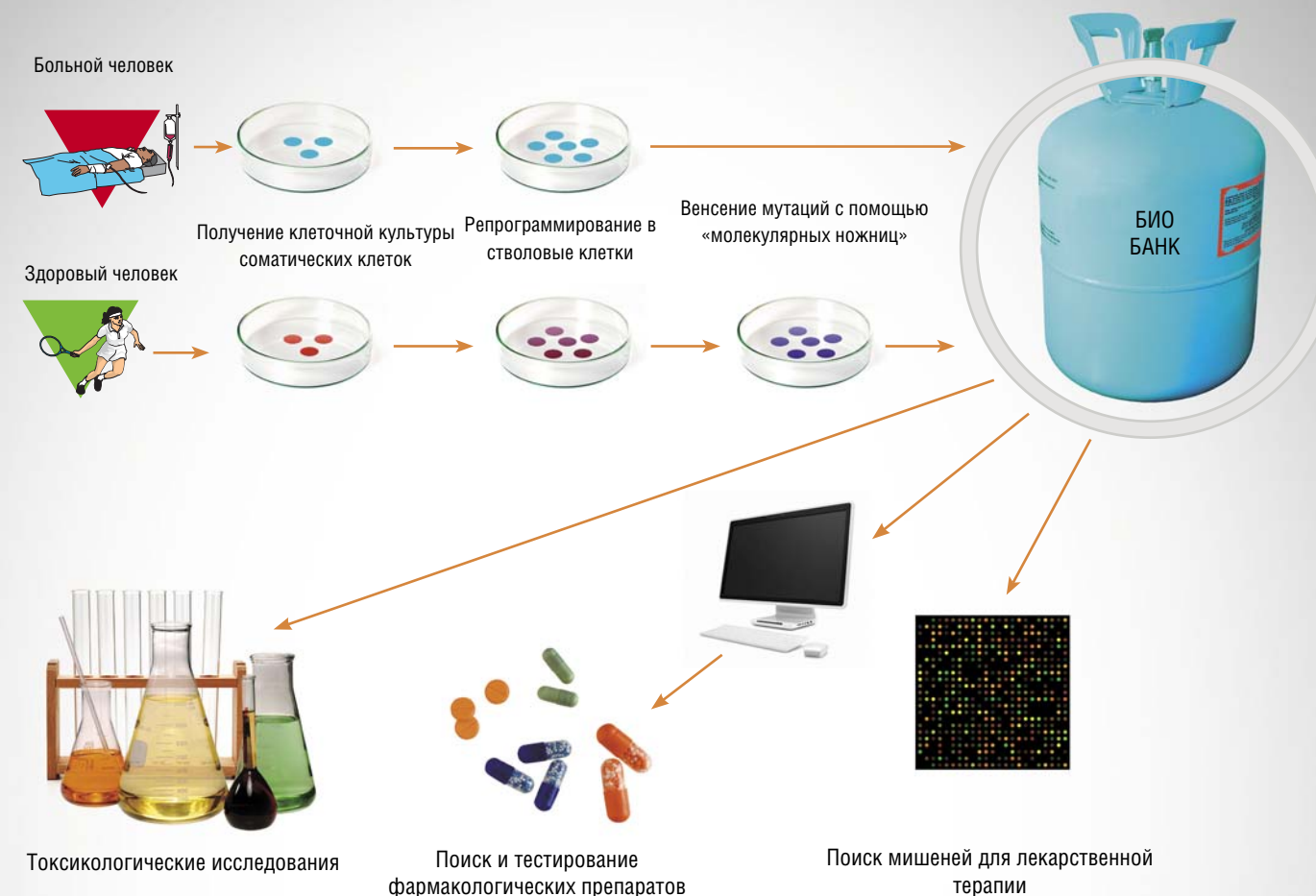
Несмотря на активное применение этой технологии в крупных мировых научных центрах, в России CRISPR/Cas используют лишь в нескольких исследовательских центрах, в том числе в Новосибирском Академгородке. Сегодня технологии TALENs и CRISPR/Cas используют в лаборатории эпигенетики развития Института цитологии и генетики СО РАН, лаборатории молекулярной и клеточной медицины Института патологии кровообращения им. академика Е. Н. Мешалкина и в лаборатории стволовых клеток Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН в работах, связанных с внесением мутаций в стволовые клетки человека, в частности, для создания клеточных моделей бокового амиотрофического склероза, болезни Альцгеймера, Паркинсона и синдрома удлиненного интервала QT.

Однако для проведения полномасштабных исследовательских работ с использованием TALENs и CRISPR/Cas необходимо создание консорциума по клеточным технологиям с привлечением ведущих специалистов на базе профильных НИИ РАН: кардиологии, иммунологии, неврологии, онкологии и др. Создание в Новосибирском Академгородке Центра клеточных технологий может стать инфраструктурной основой для развития новых биомедицинских технологий и высокотехнологичной фармацевтической промышленности – приоритетных направлений развития научно-технического потенциала страны.

В настоящее время в разработке находится проект Биобанка клеточных моделей заболеваний человека, основой которого станут линии индуцированных плюри-

необходимый больным сахарным диабетом, или альбумин, использующийся при лечении геморрагического шока, ожогов и цирроза печени. Сейчас альбумин получают из плазмы крови человека – весьма ограниченного источника, однако мировая потребность в этом препарате постоянно растет и сегодня составляет 500 т в год. С помощью методов геномной инженерии ген альбумина человека уже введен в геном риса и крупного рогатого скота (He *et al.*, 2011; Moghaddassi *et al.*, 2014). Такой белок может быть выделен из растительных и животных тканей, где он синтезировался, и после очищения использован для медицинских целей.

Несомненно, в ближайшее время система CRISPR/Cas будет усовершенствована: можно ожидать упрощения белкового каталитического компонента, повышения избирательности действия системы, создания более эффективных средств доставки в разные типы клеток и целые организмы. Уже получены данные, указывающие на то, что на основе системы CRISPR можно создать средства направленного воздействия не только на ДНК, но и на РНК, что открывает новые возможности для регуляции активности генов и борьбы с вирусными инфекциями.



потентных стволовых клеток, полученных из обычных соматических клеток людей, страдающих различными наследственными и приобретенными заболеваниями. Кроме того, в Биобанк войдут клеточные модели наследственных заболеваний человека – клеточные линии, полученные с помощью методов геномной инженерии TALENs и CRISPR/Cas.

Клеточные линии и культуры будут храниться в жидком азоте, – в таком состоянии они могут оставаться жизнеспособными в течение десятилетий и использоваться по мере необходимости. Все хранящиеся в биобанке клеточные культуры и линии будут детально охарактеризованы: для каждой будет составлен «паспорт», содержащий сведения о ее происхождении и характеристиках. Такие клеточные линии могут быть предоставлены в распоряжение как академических институтов для проведения фундаментальных исследований по изучению механизмов развития болезней, так и частным компаниям, занимающимся поиском, разработкой, производством и тестированием новых лекарств.

Литература
Власов В.В. и др. *Комплементарные здоровью. Прошлое, настоящее и будущее антисмысловых технологий* // НАУКА из первых рук. 2014. № 1 (55). С. 38–50.

Кюппе Д.Г., Власов В.В. // *Успехи химии*. 1985. Т. 54, № 9. С.1420–1447.

Медведев С.П. *Как отредактировать наследственность* // НАУКА из первых рук. 2014, № 1 (55). С. 10–14.

Cong L., Ran F.A., Cox D. *et al. Multiplex genome engineering using CRISPR/Cas systems* // *Science*. 2013, V. 339. P. 819–823.

Kim Y.G., Cha J., Chandrasegaran, S. (1996). *Hybrid restriction enzymes: zinc finger fusions to Fok I cleavage domain*. *Proc Natl Acad Sci U S A* 93, 1156–1160.

Moghaddassi S., Eyestone W., Bishop C.E. (2014). *TALEN-mediated modification of the bovine genome for large-scale production of human serum albumin*. *PLoS One* 9, e89631.

Schwank, G., Koo, B.K., Sasselli, V. *et al.* (2013). *Functional repair of CFTR by CRISPR/Cas9 in intestinal stem cell organoids of cystic fibrosis patients*. *Cell Stem Cell* 13, 653–658.

Wu, Y., Liang, D., Wang, Y., Bai, M. *et al.* *Correction of a genetic disease in mouse via use of CRISPR-Cas9*. *Cell Stem Cell* 13, 659–662.

М.Б. ШТАРК, О.А. ДЖАФАРОВА, Е.А. ТАРАСОВ, Р.Ю. ГУК

ДИСТАНЦИОННАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ

МОЗГОВЫХ КАТАСТРОФ

СЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНОГО
БИОУПРАВЛЕНИЯ

«Мозговые катастрофы» – инсульты, тяжелые черепно-мозговые и позвоночно-спинальные травмы, ежегодно приковывают к постели сотни тысяч человек, половина из которых даже не достигла пенсионного возраста. Все эти люди, еще вчера активные и деятельные, мечтают вернуться к работе и нормальной жизни. Насколько осуществимы эти надежды? Оказывается, в наше время высоких технологий даже обычный пациент имеет все возможности прямо у себя дома и под постоянным контролем специалиста целенаправленно продолжать восстановление нарушенных нервных функций

Ключевые слова:
электромиографическое биоправление, сетевая (дистанционная) нейрореабилитация.
Key words: electromyographic biofeedback, network (distance) neurorehabilitation

Воля – это то, что заставляет тебя побеждать, когда твой рассудок говорит тебе, что ты повержен.
Карлос Кастанеда

Нарушения мозгового кровообращения в результате заболеваний и травм, как правило, сопровождаются выраженными неврологическими симптомами и очень часто приводят к инвалидности. Тяжелейшие последствия характеризуют церебральный инсульт (острое нарушение кровоснабжения головного мозга), который в России ежегодно поражает более полумиллиона человек.

Диагностика и лечение, обеспеченные дорогостоящими оборудованием и лекарственными препаратами, позволяют вывести из мозгового шока и восстановить функции жизнеобеспечения примерно у половины больных. Однако только пятая часть выживших после инсульта возвращается к прежней жизни: большинство из них становится инвалидами, при том что за последние десятилетия эта болезнь все чаще поражает лиц трудоспособного (от 25 до 64 лет) возраста.

Завершающим этапом лечения является стадия восстановления – реабилитация. Для этой цели в некоторых городах созданы специальные центры реабилитации, где под присмотром врачей больные постепенно возвращаются к привычной жизни. Однако эта возможность есть далеко не у всех – именно реабилитация остается до сих пор самым слабым звеном в лечении инсульта и тяжелых травм черепа и позвоночника. Так, анализ прямых экономических затрат показал, что большая часть расходов на лечение инсульта приходится на период

ШТАРК Марк Борисович – действительный член РАН, профессор, доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела биофизики и биоинженерии НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАМН (Новосибирск). Лауреат Премии Правительства РФ по науке и технике (2005). Автор и соавтор более 300 научных работ и 3 патентов



ДЖАФАРОВА Ольга Андреевна – кандидат физико-математических наук, руководитель лаборатории компьютерных систем биоправления НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАМН, исполнительный директор ООО «Компьютерные системы биоправления». Автор и соавтор более 80 научных работ



ТАРАСОВ Евгений Александрович – старший научный сотрудник лаборатории компьютерных систем биоправления НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАМН. Автор и соавтор 9 научных работ



ГУК Руслана Юрьевна – кандидат медицинских наук, врач-невролог Сибирского клинического центра Федерального медико-биологического агентства отделения двигательной реабилитации (Красноярск). Автор и соавтор 21 научной работы



© М.Б. Штарк, О.А. Джафарова, Е.А. Тарасов, Р.Ю. Гук, 2014



Каждые полторы минуты один из россиян поражается инсультом. В крупных городах число острых инсультов достигает 100—120 случаев в сутки. Половина заболевших погибает, а большая часть выживших становятся инвалидами и нуждаются в длительном реабилитационном лечении

спустя год и более после развития болезни, причем основные средства тратятся на оказание неспециализированной медицинской помощи и общий уход и менее 2% – на реабилитацию (Цукурова, Есипенко, 2012).

В результате тысячи людей, покинувших стационары, так и остаются инвалидами на всю жизнь, хотя большая часть из них может быть практически полностью реабилитирована и возвращена к нормальной жизни. Одно из решений этой проблемы – превратить пациента из пассивного объекта реабилитационных услуг в активного участника восстановительного процесса. Для этого требуется приблизить к пациенту инструментальной восстановительной неврологии и встроить его в современную информационную сеть.

Именно эти цели преследует проект «Дистанционная (сетевая) нейрореабилитация», разработанный новосибирскими исследователями из НИИ молекулярной

Технология нейробиоуправления позволяет обучиться способам управления произвольными физиологическими параметрами, неосознаваемыми в обычных условиях, такими как частота пульса, температура тела, мышечное напряжение и т. д.

биологии и биофизики СО РАМН и ООО «Компьютерные системы биоуправления» совместно с Сибирским клиническим центром (Красноярск). На практике речь идет о том, чтобы после выписки из стационара больной сам начинал активно работать над своей реабилитацией, выполняя в домашних условиях все необходимые упражнения, а врач дистанционно, с помощью сети Интернет, подобно тренеру контролировал результаты и корректировал задания.

Сила воли плюс технологии

В основе проекта «Дистанционная нейрореабилитация» лежит нейробиоуправление: эта современная компьютерная лечебно-оздоровительная технология работает на принципах адаптивной обратной связи – феномене, обеспечивающем механизм саморегуляции

физиологических функций. Проще говоря, это означает, что человека можно обучить волевому управлению неосознаваемыми физиологическими характеристиками, такими как частота пульса или степень напряжения мышц.

Обратная связь облегчает процесс обучения физиологическому контролю, при этом специальное оборудование обеспечивает пользователя (пациента) доступом к информации, которая в обычных условиях сознанием не воспринимается. Для этого во время сеанса биоуправления к телу испытуемого прикрепляются датчики, регистрирующие показатели двигательной и мозговой активности (электромиограмму – запись электрической активности мышц, электроэнцефалограмму – запись электрической активности мозга), а при необходимости – и другие физиологические параметры, которые отражаются на мониторе компьютера.

Для реализации такого подхода при восстановлении последствий инсульта и тяжелых мозговых травм используется семейство программно-аппаратных комплексов «БОС-ЛАБ», производимых ООО «Компьютерные системы биоуправления». Для повышения мотивации к занятиям сеансы биоуправления проводятся в увлекательной игровой мультимедийной форме,

Домашний комплекс биоуправления «БОСЛАБ-Миография» включает в себя модуль «БИ-02М» (2 ЭМГ, 1 Темп, 1 КГР) и датчик дыхания (вверху), персональный компьютер, подключенный к Интернет, и компьютерный тренажер «БОС-Пульс». Комплекс обеспечивает проведение диагностических сеансов, различных тренировок по интенсивности сокращения/напряжения выбранной группы мышц, а также обеспечивает представление обратной связи в виде графических и звуковых сигналов, мультимедийных слайдов, игровых сюжетов и т. д.

когда пациент проходит различные усложняющиеся виртуальные испытания, напрягая или, наоборот, расслабляя определенные группы мышц. Он достигает победного результата лишь в том случае, когда тренируемые группы мышц получают нагрузку в нужном объеме. В результате пациент учится управлять своими мышечными усилиями, т. е. проходит курс моторного переобучения.

Динамика восстановления мышечной функции постоянно отображается на экране монитора: эта «картинка» наглядно показывает пациенту, насколько



Реабилитация на дому

параметры функционирования тренируемой группы мышц отличаются от «идеала», т.е. от состояния аналогичной группы здоровых мышц. Таким образом, пациент в реальном времени может наблюдать результаты своего тренировочного процесса.

Процесс реабилитации дистанционно контролирует лечащий врач-реабилитолог: после каждого занятия все данные о регистрируемых физиологических параметрах в виде графиков и диаграмм с помощью специальной программы «БОСЛАБ-Пациент» передаются на сервер boslab.net. На основе этой информации врач корректирует нагрузки; в случае необходимости пациент может проконсультироваться с врачом и непосредственно во время занятия с помощью Skype – бесплатного программного обеспечения, предоставляющего текстовую, голосовую и видеосвязь через Интернет в режиме on line. И врач, и пациент имеют специальные карты для входа в систему, благодаря чему соблюдается режим полной конфиденциальности.

Такой формат ведения реабилитационных процедур максимально удобен и пациенту, и врачу: один специалист может вести до 14–15 таких «виртуальных» пациентов одновременно.

Отбор больных для участия в программе сетевой нейрореабилитации проводится в процессе лечения: предпочтение отдается пациентам с минимумом сопутствующих заболеваний, также оценивается динамика электромиографических параметров и скорость приобретения новых навыков во время стационарного лечения. В зависимости от характера поражения определяется цель тренинга и выбирается реабилитационная двигательная программа.

Сначала пациент выполняет тренировки в стационаре под наблюдением лечащего врача с использованием программно-аппаратного комплекса биоуправления, разработанного для клиники. После выписки он проходит подробный инструктаж, получает портативный тренажер «БИ-02М», устанавливает на своем компьютере программу «БОСЛАБ-Пациент» и продолжает тренировки уже в домашних условиях. Курс реабилитации длится несколько месяцев. Занятия проходят ежедневно или через день – в зависимости от степени тяжести заболевания и рекомендаций лечащего врача.

Сегодня комплекс для сетевой нейрореабилитации «БОСЛАБ», состоящий из одного рабочего места врача

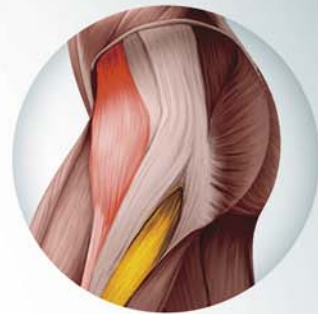
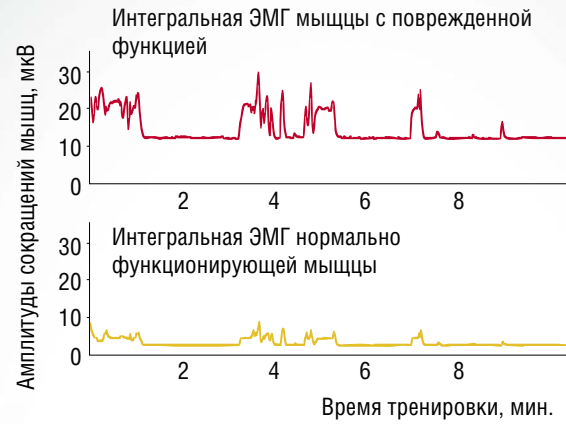
и 14 приборов для пациентов, используемых в домашних условиях, находится в распоряжении Сибирского клинического центра Федерального медико-биологического агентства Минздравсоцразвития РФ (Красноярск). Через этот центр в «домашнем режиме» уже прошло около 60 пациентов с последствиями острых нарушений мозгового кровообращения и позвоночно-спинальной травмы: они бесплатно пользовались приборами в течение двух-трех месяцев. К началу повторной госпитализации эти пациенты имели намного лучшие показатели по сравнению с контрольной группой.

С 2010 г. в проект сетевой нейрореабилитации включилась новосибирская Городская клиническая больница № 2, где на базе отделения неврологии городские власти пытаются создать центр нейрореабилитации, а также московский НИИ цереброваскулярной патологии и инсульта Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н. И. Пирогова. В самое последнее время к этому «движению» прикнуд Новосибирский НИИТО им. Я. Л. Цивьяна и Медицинский технопарк.

С помощью программно-аппаратного комплекса «БОС-ЛАБ» регистрируются параметры мышечной активности. Сигнал электромиограммы (ЭМГ) выводится на монитор, в результате чего пациент получает возможность управлять своими мышечными усилиями. Данные, поступающие на сервер, анализирует специалист-реабилитолог.

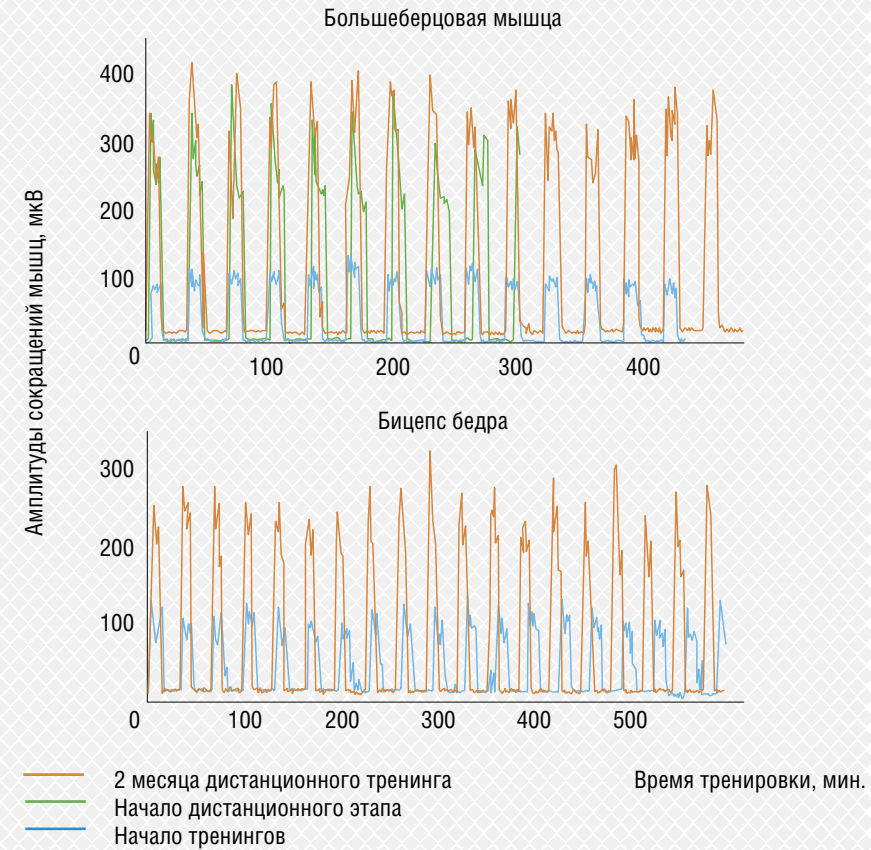
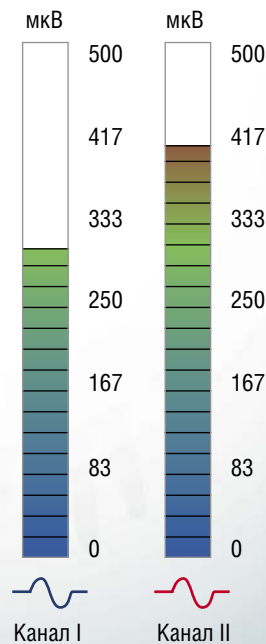
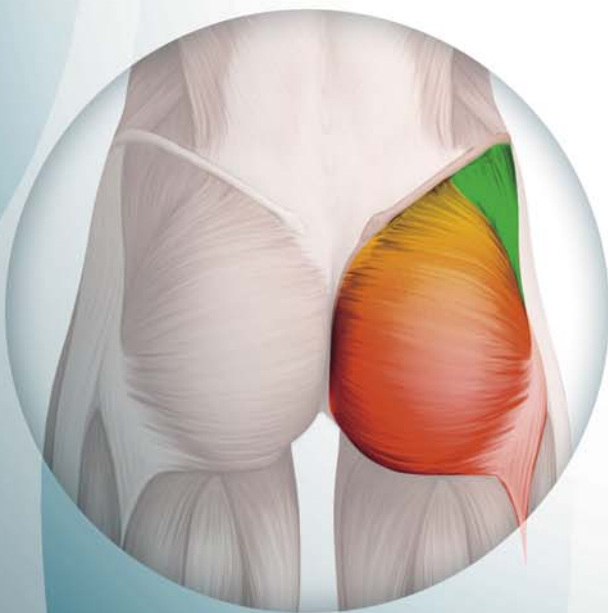
На фото – сотрудники лаборатории компьютерных систем биоуправления НИИ МББ СО РАМН Е. А. Тарасов, академик М. Б. Штарк и врач Г. М. Циркин обсуждают результаты сеанса дистанционного тренинга. На экране монитора – окно разговора по скайпу с одним из первых пациентов

Уже полученные результаты свидетельствуют, что использование «сетевой реабилитации» позволяет достичь значительного прогресса в восстановлении больных с тяжелыми двигательными нарушениями. Люди, до этого прикованные к постели, встают на ноги, начинают передвигаться с помощью ходунков или костылей; у них увеличивается мышечная масса тела, появляется возможность самостоятельно себя обслуживать – все это заметно улучшает качество жизни. Цифры говорят



Во время тренинга биоуправления динамика поврежденных функций сравнивается с сохраненными, например, сравниваются электромиография (ЭМГ) симметричных мышц, полученная по двум каналам (*вверху*). В случае, когда интегральная ЭМГ по обоим каналам будет превышать пороговую, прозвучит сигнал обратной связи. После завершения тренинга его результат можно оценить по «картинке» на мониторе: если тренируемые группы мышц реагировали, они окрасятся в зеленый цвет; если остались в напряженном состоянии – в красный, в расслабленном – в синий (*внизу*)

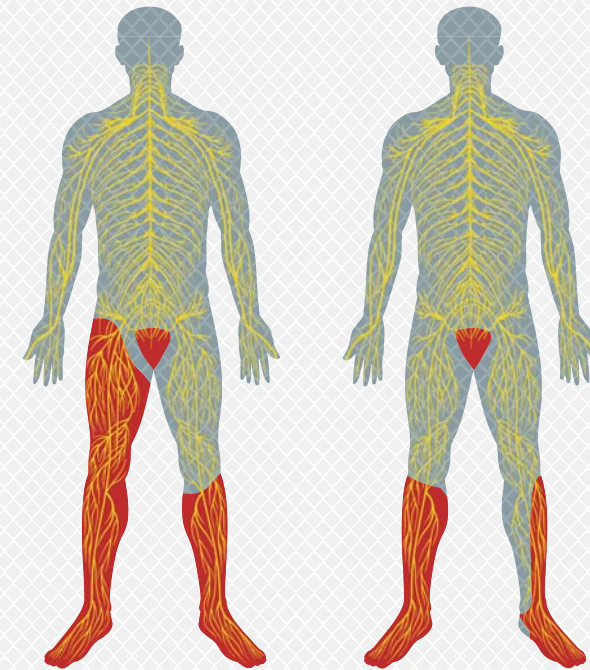
Начало проекту «Сетевая нейро-реабилитация» было положено в 2008 г., однако программно-аппаратные комплексы «БОСЛАБ», разработанные новосибирскими исследователями для восстановления нарушенных физиологических функций, применялись в медицине еще с 1990-х гг., но только в условиях стационара



С помощью сетевой нейрореабилитации удалось добиться значительного восстановления уровня функционирования мышц левой конечности у 50-летнего пациента с инсультом по ишемическому типу с левосторонним гемипарезом

сами за себя: при сравнении двух групп больных с нарушениями мозгового кровообращения (контрольной и проходивших реабилитацию по новой методике) оказалось, что в первой группе инвалидами остались около 70% пациентов, во второй же – около 40%.

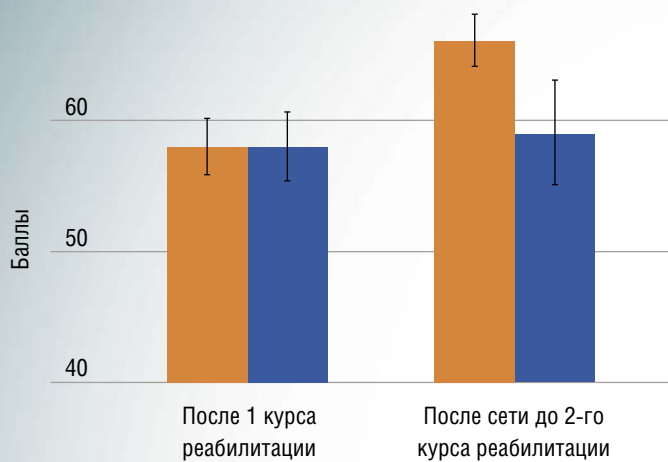
Главное – нейрореабилитация становится перманентной, сетевая нейрореабилитация создает инновационные предпосылки для развития этой технологии на просторах страны, радикально изменяя качество жизни как самих больных, так и их родственников.



■ Нарушенная чувствительность

■ Нормальная болевая чувствительность

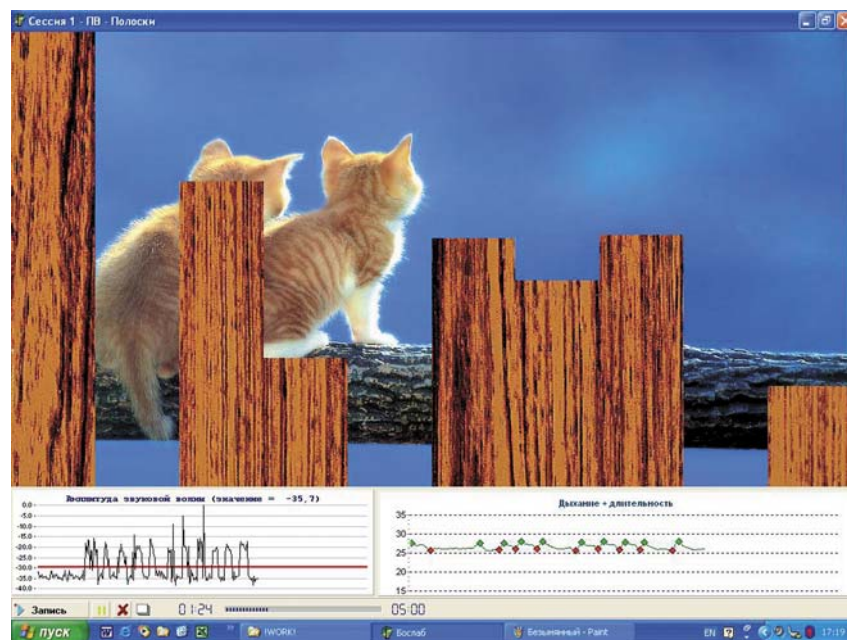
Еще один клинический пример – реабилитация последствий вертебро-спинальной травмы с повреждением спинного мозга у 20-летней женщины. Тренинги биоуправления, продолженные после выписки из стационара в домашних условиях, позволили в значительной мере восстановить болевую чувствительность в нижних конечностях (*слева*) и увеличить их мышечную массу



■ Группа сетевой нейрореабилитации
■ Контрольная группа

Оценка функциональной независимости по шкале FIM™ у пациентов с позвоночно-спинальной травмой в группе сетевой нейрореабилитации и контрольной группе

Для лиц, страдающих нарушениями речи в результате инсульта разработана специальная методика с программным обеспечением «БОСЛАБ-ЛОГО». Она позволяет контролировать не только напряжение мышц, но и температуру выдыхаемого воздуха, длительность фаз дыхательного цикла, амплитуду звуковой волны. Методика занятий, основанная на принципе целостного функционирования речевого аппарата и центральной нервной системы, помогает формировать навыки четкой артикуляции и интонационную выразительность речи, стабилизировать темп речи и преодолевать логофобию – боязнь разговора



Опыт применения технологии сетевой нейрореабилитации показал, что с ее помощью можно не только закрепить лечебный эффект, достигнутый в стационаре, но и резко увеличить степень и качество восстановления двигательных и речевых функций, нарушенных в результате «мозговых катастроф». Широкое внедрение этого метода предположительно почти вдвое (с 47 до 25%) должно сократить долю тех, кто в работоспособном возрасте вынужден получать инвалидность.

Технология сетевой нейрореабилитации может стать спасительным выходом и для ряда поликлиник, особенно в удаленных районах, где отсутствуют квалифицированные специалисты-реабилитологи. В этом

Методика занятий на комплексе «БОС-ЛАБ» для реабилитации пациентов с речевыми нарушениями после инфарктов мозга основывается на принципе целостного функционирования речевого аппарата и центральной нервной системы человека. При тренировке плавного речевого выхода во время игрового тренинга «Полоски» биоуправляемым сигналом служит амплитуда звуковой волны. Пороговое значение показателя устанавливается в начале сессии немного выше уровня тишины. При выдохе цветная полоска на экране пациента уменьшается, открывая часть картинки. Если амплитуда звуковой волны будет выше порогового значения, полоска откроется до конца. Цель тренинга – открыть всю картинку



Программно-аппаратные комплексы «БОС-ЛАБ», в которых реализована технология компьютерного биоуправления, производятся ООО «Компьютерные системы биоуправления» (Новосибирск) по лицензионному соглашению с НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАН. Линейка «БОС-ЛАБ» включает в себя ряд портативных малогабаритных устройств, которые предназначены не только для реабилитации после инсульта и тяжелых спинномозговых травм, но и для лечения психосоматических заболеваний, в том числе депрессивных расстройств, и коррекции синдрома дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ) у детей. Их также используют для психофизиологической диагностики и так называемого «тренинга оптимального функционирования», формирующего навыки мгновенной концентрации и быстрого снятия психического напряжения, что особенно важно в стрессовых ситуациях

случае можно организовать качественную помощь амбулаторным больным благодаря дистанционным консультациям с ведущими специалистами.

Все эти инновационные меры позволят восстановить здоровье и вернуть к нормальной жизни десятки тысяч наших соотечественников, в том числе перенесших инсульт, большинство из которых сейчас обречено на ту или иную степень инвалидности.

Литература

Гук Р.Ю., Воронинский В.А., Циркин Г.М. и др. Сетевая нейрореабилитация // Вестн. восстанов. медицины. 2008. №4 (26). С. 47–50.
 Гук Р.Ю. Дистанционная (сетевая) коррекция нарушений движений на основе биоуправления с использованием Интернет-технологий // Мат-лы XXI съезда Росс. физиол. общества, Симп. «Биоуправление: теория и практика», 19–25 сентября 2010, Калуга. С. 70–81.
 Джафарова О.А., Штарк М.Б. Компьютерные системы биоуправления: тенденции развития // Медицинская техника. М.: Медицина. 2002. №1.С. 34–35.
 Цукурова Л. А., Есипенко Н. В. Улучшение целевых показателей заболеваемости, смертности и летальности от инсультов в Краснодарском крае // Русский медицинский журнал. 2012. № 10 . С. 534–536.
 Штарк М. Б., Савелов А.А., Резакова М.В., Мажирова К.Г. Как увидеть мысли. Неортодоксальные приложения магнитно-резонансной томографии // НАУКА из первых рук. 2013. № 4 (52). С. 32–44.
 Guk R. Yu., Jafarova O.A., Sklyar M.M., Chernikova L.A., Tarasevich A.F., Shtark M.B. Neurofeedback and network rehabilitation. // Proceedings of 17th ESPRM European Congress of Physical and Rehabilitation Medicine. Venice, Italy, May 23–27, 2010. P. 28–30.
 O.A. Jafarova, E.A. Tarasov, M.B. Shtark, R. Yu. Guk Development of the system for continuous medical rehabilitation for patients with post-stroke and spinal cord injury motor disorders // Proceedings 9th Intl Conf. on Disability, Virtual Reality and Assoc. Technologies, P M Sharkey, E Klinger (Eds). Laval, France, Sept.10–12, 2012. P. 385–392.

К юбилею Гербария

Ликбез для физиков и лириков



Ключевые слова: Гербарий им. И. М. Красноборова, гербарные коллекции, флора Сибири, Центральный сибирский ботанический сад.
Key words: Herbarium of I. M. Krasnoborov (NS), the herbarium collections, flora of Siberia, Central Siberian Botanical Garden

КОРОЛЮК Елена Анатольевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории Гербарий Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор более 75 научных работ





Первые сотрудники Медико-биологического отдела Западно-сибирского филиала Академии наук, занимающиеся изучением флоры и растительности с первым руководителем гербария Е. Ф. Пеньковской (вторая слева)

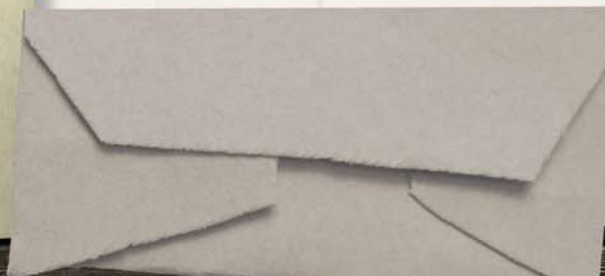
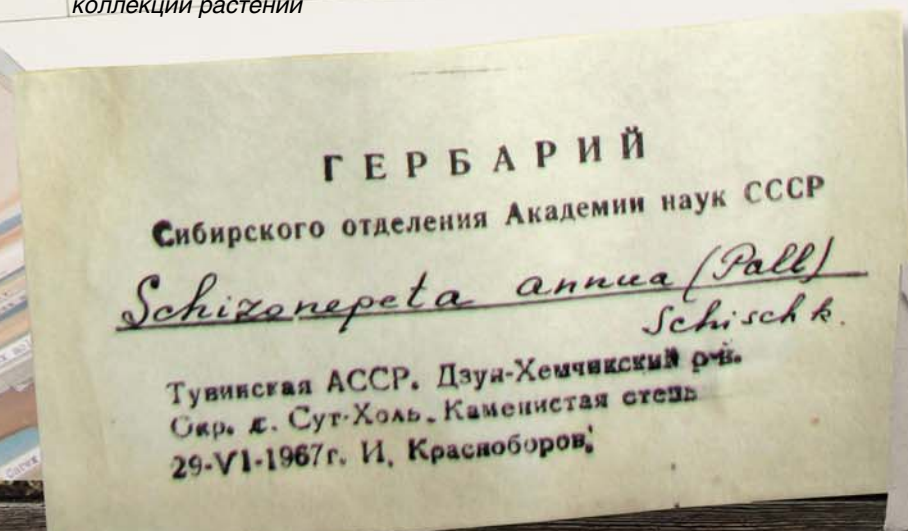
...Тишина, застывшие и покрытые пылью десятилетий гербарные шкафы; сухие, подшитые к картону растения; «ботаники» с лупами в руках, разглядывающие «пестики-тычинки», навсегда отставшие от современной жизни, – вот расхожая картинка, возникающая в воображении при упоминании слова «гербарий». Но все это – лишь одна сторона медали. Есть еще экспедиционные сезоны: длительные и короткие, далекие и близкие, тяжелые и не очень, иногда опасные... Не будь всех этих людей, называющих себя экспедиционниками, готовых месяцами жить в палатках, идти в маршруты в любую погоду, форсировать бурные реки и терпеть таежный гнус, чтобы потом бережно доставить хрупкий и драгоценный материал для камеральной обработки, не было бы никаких гербариев. Ведь чтобы создать гербарное учреждение, нужно постепенно собирать коллекции и сохранять их на протяжении многих десятилетий. А еще нужны люди, пусть и не ставшие авторами научных бестселлеров, но настоящие профессионалы, одержимые желанием сохранить для будущих поколений уникальные, не стареющие со временем коллекции растений

Слово «гербарий» (от лат. herbarium – «травник») в средние века использовалось для обозначения книги с описанием растений, а затем – высушенных под прессом растительных образцов. В наши дни научный термин «гербарий» обозначает собрание сухих растений, удовлетворяющее определенным требованиям. Гербарный образец должен быть правильно изготовлен и оформлен (обязательно наличие этикетки, на которой указаны дата, место и другие характеристики сбора образца). Гербарные коллекции являются общедоступными для исследователей всех стран, что обеспечивает целостность ботаники как науки (Скворцов, 1977)

Несколько веков и даже десятилетий назад, когда в научный обиход еще не вошло понятие «центр коллективного пользования», такими центрами были, безусловно, библиотеки, а затем и гербарии. Пользуясь современным языком, можно сказать, что в 2014 г. исполняется 50 лет старейшему Центру коллективного пользования Центрального сибирского ботанического сада СО РАН – Гербарию им. И. М. Красноборова.

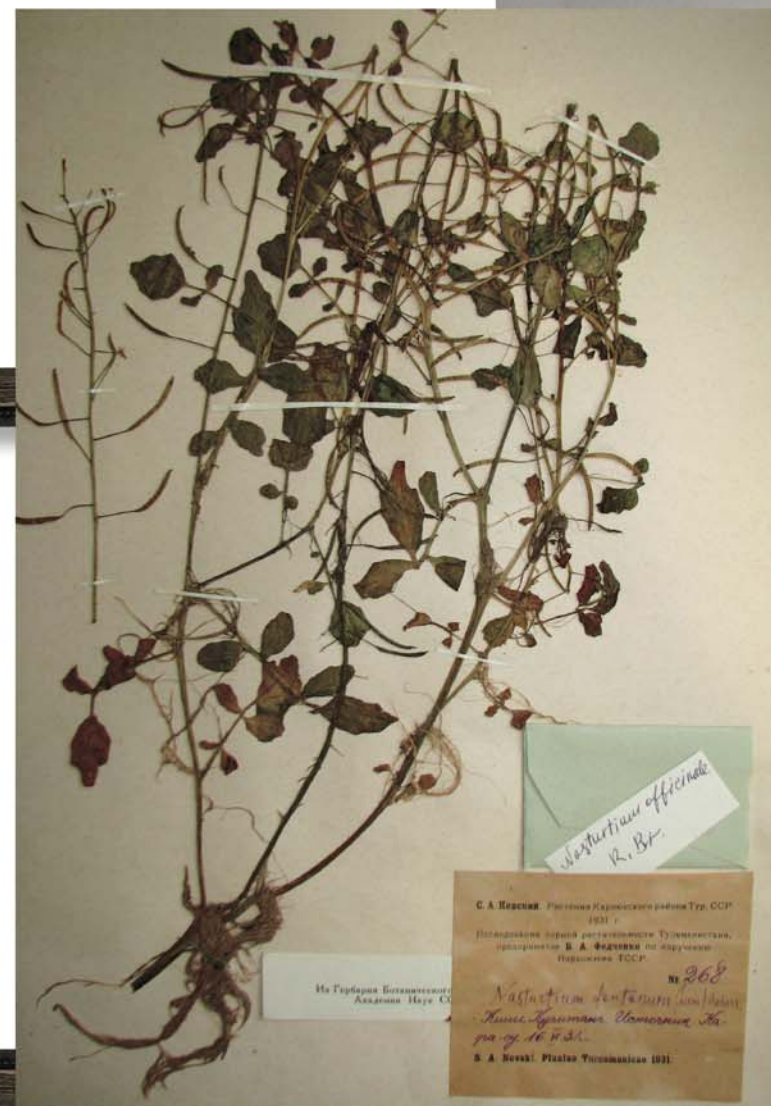
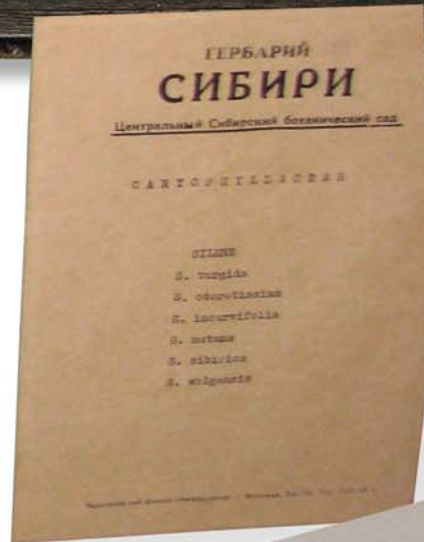
В Сибири на сегодняшний день имеется около двадцати гербариев. Старейший из них – Гербарий им. П. Н. Крылова Томского государственного университета, основанный в 1885 г. и названный в честь известного сибирского ботаника, автора первой крупной флористической сводки по югу Западной Сибири П. Н. Крылова. Долгое время он был первым и единственным Гербарием за Уралом.

Новосибирский гербарий (и одноименная лаборатория) как новая структура возник в 1964 г. внутри лаборатории геоботаники и реконструкции растительного покрова Центрального сибирского ботанического сада СО АН СССР в связи с производственной необходимостью. Геоботаники – это специалисты, изучающие растительность земной поверхности, складывающуюся из сообществ, которые, в свою очередь, сложены своеобразными наборами видов растений. Однако точно определить вид можно, только сравнивая его с другими видами, а это означает необходимость постоянно обращаться к справочному материалу, т. е. к гербарным





Один из старейших образцов в коллекции Гербарий им. И. М. Красноборова – стальник из сборов путешественника, доцента минералогии Дерптского университета А. И. Шренка (1842 г.), присланный из ленинградского Ботанического института АН СССР



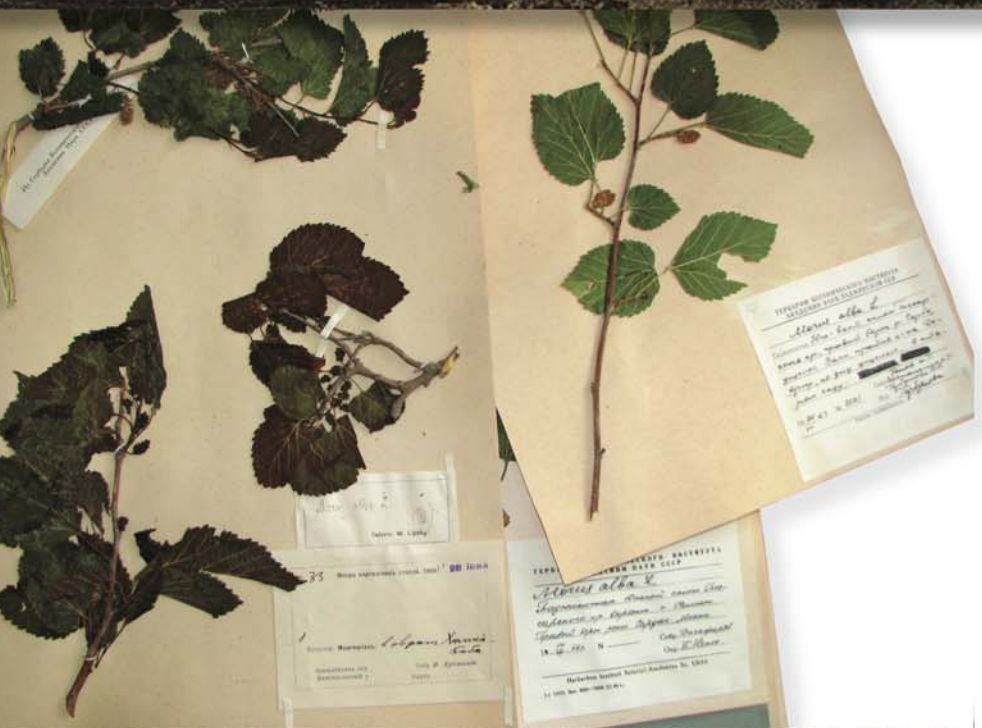
коллекциям, составленным из собранных в природе особей разных видов растений.

Другими словами, изучать флору и растительность того или иного региона нашей планеты возможно лишь при наличии качественного гербарного собрания, и это достойная тема для отдельного подразделения.

Нужно отметить, что для территорий, давно освоенных и изученных человеком, эпоха ботанической инвентаризации давно ушла в прошлое. Чего не скажешь о малодоступных и малонаселенных регионах со сложным климатом и нестабильной политической обстановкой, таких как громадная территория Сибири площадью почти 10 тыс. км². Так, первая флористическая инвентарная сводка территории в границах бывшего СССР была предпринята лишь в 1927–1964 гг. Ее итогом стала фундаментальная 30-томная «Флора СССР», в которую вошло и описание флоры всей территории Сибири.

Однако к тому времени сибирский регион был изучен недостаточно тщательно, и не только из-за огромной площади и короткого вегетационного сезона, но и несопоставимо малого числа его исследователей. Ведь

Гербарий им. И. М. Красноборова является структурным подразделением Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (Новосибирск). Гербарий дважды переезжал – быстро растущим фондам требовались новые, более просторные помещения. За время своего существования в его штате проработало около 60 человек, в том числе 13 монтировщиков гербарных образцов. Более 50 специалистов ежегодно посещает гербарий, используя его коллекции в своих научных исследованиях



любая инвентаризация возможна только при наличии достаточного и сравнимого материала, а также специалистов, способных его качественно собрать и переработать. Именно в этом и заключается причина возникновения всех крупных Гербариев.

Основу будущего Гербария им. И. М. Красноборова в 1964 г. составили 40 тыс. гербарных листов лаборатории геоботаники Медико-биологического института Западно-Сибирского филиала АН СССР. Сейчас, спустя пятьдесят лет, в его коллекцию входит более

на стр. 74



В прошлом веке среди ботаников считалось «правилом хорошего тона» собирать растения для коллекций не в одном экземпляре. При подготовке многотомной «Флоры СССР» эти дубликаты служили эталонами популяционной изменчивости таксонов. Смонтированные на гербарных листах и снабженные полной номенклатурной цитатой (а часто и комментариями таксономического характера), такие «эксикаты» затем рассылались в крупные гербарные учреждения страны и мира. Списки копий их этикеток издавались как самостоятельная печатная работа. Эта деятельность, требовавшая огромного труда, сегодня ушла в прошлое. А жаль, поскольку такие гербарные листы служили отличным справочным материалом. В наши дни ботаники пытаются заполнить эту нишу электронными базами данных сканированного гербария



Обменные дубли из поступлений из гербариев со всех концов света, от Средней Азии до Америки



НА ВОСЬМОМ МЕСТЕ В РОССИИ

В мире насчитывается огромное количество гербариев, и каждый из них имеет свой статус (национальный научный, исторический, учебный и т.п.). Как правило, все современные гербарии зарегистрированы в международной системе «Index Herbariorum», где им присвоены международные акронимы (индексы).

Среди двух десятков самых крупных гербариев мира особо выделяются наиболее крупные, в которых хранится более 3 млн образцов. Один из таких гербариев (с фондом в 8 млн гербарных листов) находится во Франции, в парижском Музее национальной истории.

По данным на 2009 г., Россия по количеству суммарного фонда гербарных листов (около 17 070 000) находится на шестом месте в мире после США, Великобритании, Франции, Германии и Китая.

В нашей стране на сегодня имеется около 190 гербариев, из них 100 зарегистрированы в «Index Herbariorum». Наибольший объем гербарных коллекций хранится в гербариях РАН (10 млн листов), причем большая часть сосредоточена в Гербарии Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН (7 млн) (Гуреева, 2012).

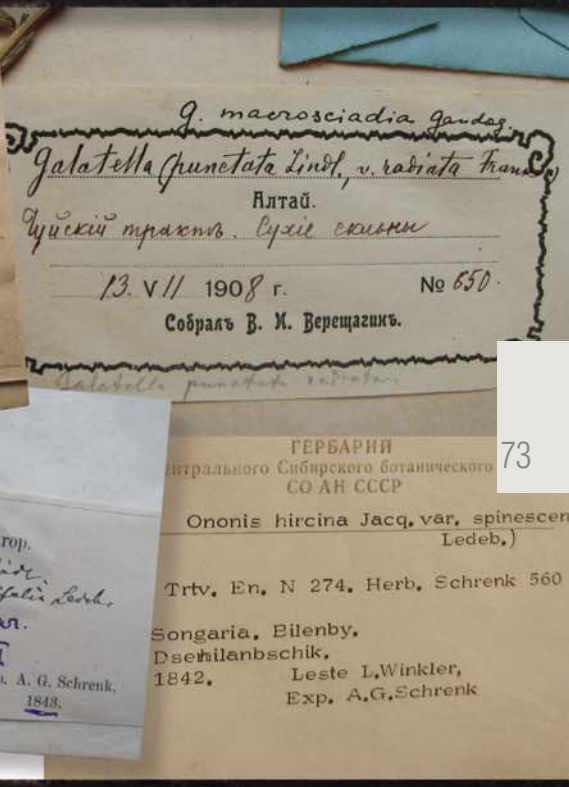
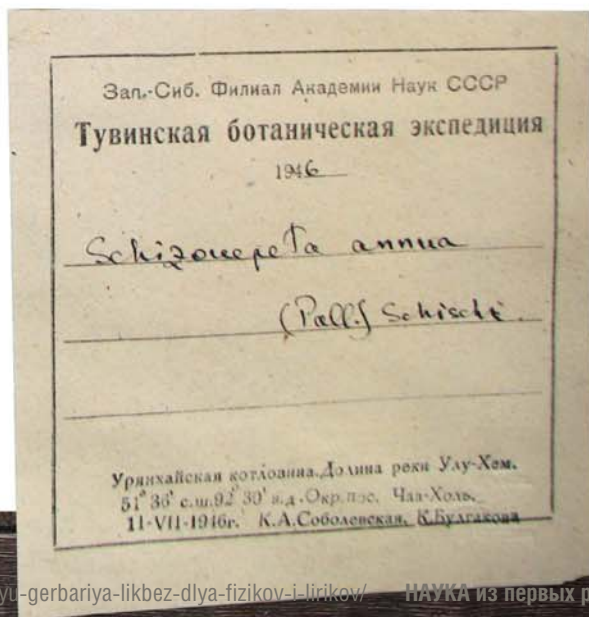
Гербарий им. И. М. Красноборова относится к так называемым средним гербариям, т.е. содержащим от 500 тыс. до 1 млн гербарных листов. Подобных гербариев в мире около 80. Обычно гербарии имеют какую-либо специализацию. Так, Гербарий им. И. М. Красноборова имеет самую крупную в мире коллекцию растений Тувы (около 80 тыс. листов). В ЦСБС СО РАН в настоящий момент существуют два официальных гербария: в лаборатории Гербарий – Гербарий им. И. М. Красноборова (с международным акронимом

NS), и в лаборатории систематики растений – Гербарий им. М. Г. Попова (NSK). Объединенные коллекции обоих гербариев ЦСБС по числу образцов находятся на восьмом месте среди всех гербариев России.

Гордость каждого гербария – исторические отделы. Так, в историческом отделе парижского гербария хранятся коллекции и сборы, с которыми работали такие светила мировой науки, как Ламарк, Турнефор, Адансон, Гумбольдт и др. Кроме самих раритетных сборов, здесь хранятся карты экспедиций ученых, их научные труды.

Гербарий им. И. М. Красноборова еще слишком молод, чтобы иметь собственный исторический отдел, но, очевидно, после следующих юбилеев весь типовой отдел, где хранятся гербарные образцы, послужившие эталонами для описания новых видов растений, автоматически перейдет в разряд исторического

Гербарий в Музее естественной истории (Париж, Франция) – самый старый и один из крупнейших в мире – был создан в 1635 г. Его коллекционные фонды занимают несколько этажей





И. М. Красноборов в экспедиции. Тува, Западный Саян, 1968 г.

Мария Николаевна Ломоносова, одна из первых аспирантов И. М. Красноборова. Тува, Уюкская котловина 1971 г.



Вера Михайловна Чайка, н. с. лаборатории лекарственных растений (слева) и И. М. Красноборов (в центре) намечают маршрут экспедиции Западный Саян, Оленья речка, 1966 г.

300 тыс. гербарных листов, при этом она ежегодно пополняется на 5–7 тыс. листов.

Имени Красноборова

За все пятьдесят лет у лаборатории Гербарий было только трое заведующих. В 1964–1968 гг. им заведовала к. б. н. Е. Ф. Пеньковская; именно под руководством Евфалии Федоровны были начаты работы по наполнению основных коллекций.

В 1968–2001 гг. главой Гербария был известный ученый, д. б. н. И. М. Красноборов; с 2011 г. Гербарий носит его имя. Вклад Ивана Моисеевича в создание коллекций мирового уровня трудно оценить: именно при нем новосибирский Гербарий был зарегистрирован в системе «Index Herbariorum» и получил международный буквенный код (NS). Начав экспедиционные сезоны в 1952 г., Иван Моисеевич до конца своей жизни (2011 г.) ежегодно сдавал в коллекции гербарный материал и активно работал с коллекциями, не исключая даже последние пять «невъездных» лет.

При Красноборове были налажены связи с различными гербарными учреждениями мира, активно проводились обмены коллекциями. Так, в 1980-е гг. была создана и активно пополнялась коллекция американских, японских и европейских видов растений. Красноборов инициировал и рассылку огромного числа гербарных листов-дублетов (повторных экземпляров) по мировым коллекциям. Теперь, приезжая в крупнейшие Гербарии мира, в том числе бывшего Советского Союза, обязательно увидишь знакомые гербарные образцы с «родными» сибирскими географическими названиями и фамилиями сотрудников лаборатории.

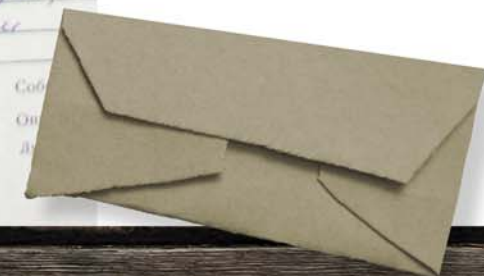


ГЕРБАРИЙ ПАМБИРСКОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА АН ТАДЖИКИСТАНА
 Таджикистан, ГБАО
 Гейма р. Шахдаг
 х.и. Занузи, 10
 № 29000
 26.VI.1980 г.
 № 614



Сотрудник лаборатории А. А. Красников готовит дрова для прогрева «походной сушилки». Горный Алтай, Терехтинский хребет, 1984 г.

«Походная сушилка» устанавливалась в лагере во время длительной (до 10 дней) стоянки, в случае плохой погоды и большого количества собранного растительного материала. Она строилась из жердей, покрытых полиэтиленовой пленкой, под которой в дождливую погоду в течение всего светового дня поддерживался открытый огонь. С помощью теплого дыма гербарные сетки прогревались через влажную бумагу. Дежурный должен был находиться при сушилке неотлучно, чтобы поддерживать ровный огонь и не допускать перегрева сеток и пожара. При перегреве гербарий «запаривался», и растения необратимо теряли свои «коллекционные» качества. Иногда в сушилке находилось до 25 гербарных сеток одновременно, которые требовалось регулярно переворачивать и перекладывать по несколько раз в день, заменяя влажную прокладочную бумагу на сухую



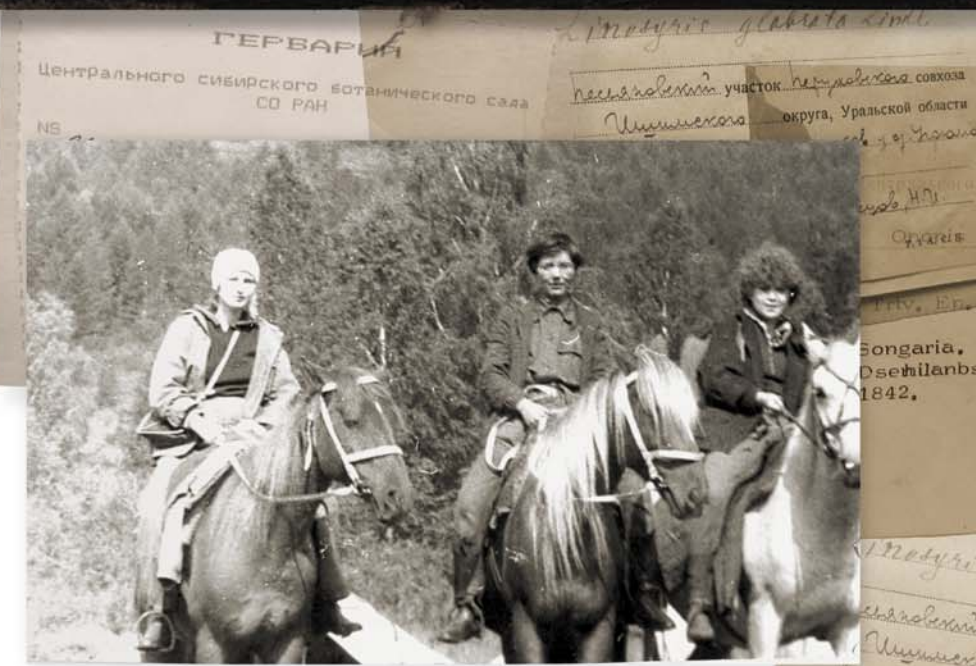


Крупнейшая коллекция дублетов из Новосибирска стала основой научных коллекций Тувинского государственного университета (Кызыл).

По инициативе Красноборова в начале 1980-х гг. была сделана попытка создать информационно-поисковую систему в коллекционных фондах – уж очень велик был соблазн применить новые, стремительно развивающиеся информационные технологии для каталогизации коллекций. Конечно, в то время в электронный формат переводились только данные гербарной этикетки, без сканирования самого гербарного образца – для этого не хватало технического оснащения. Были приложены огромные усилия для перевода бумажного каталога гербария в электронную версию, однако мечту Красноборова о создании «Базы данных коллекций Гербария» в полной мере реализовать не удалось.

Нужно отметить, что в последние десятилетия крупные мировые гербарные учреждения достаточно успешно пытаются перевести свои коллекции в цифровой формат и дать возможность электронного доступа к фондам. Однако эта

По сравнению с прошлым веком флористические экспедиции стали намного комфортнее, хотя и «железным коням» иногда требуется помощь.
Алтай, 2010 г.



Экспедиционный отряд Натальи Геннадьевны Тимукиной (Яценко) – аспирантки и сотрудницы лаборатории Гербарий (слева), Ольга Сергеевна Жданова (Жирова) (в центре) – сотрудница лаборатории и Останина Ирина (справа) – студентка Горно-Алтайского пединститута. Как и много лет назад – лошади – верные помощники в горных местностях при отсутствии дорог Горный Алтай, Башчелакский хребет, 1986 г.





Комплексная экспедиция ЦСБС СО РАН и кафедры ботаники ТГУ: А. И. Пяк, А. Л. Эбель, А. И. Макунин, Е. А. Королёк, А. Жильцов – бессменный водитель «вахтовки», В. А. Черемушкина (справа вверху). Горный Алтай, Кош-Агачский район, июнь 2007 г. Внизу – чабрец: различные виды этого растения с необычайно сильным пряным ароматом являются доминантами в горных степях Южной Сибири

деятельность требует больших трудовых и финансовых затрат, для новосибирского Гербария в настоящее время неподъемных.

Хроника будней

С самого начала своего появления молодой Гербарий взял равнение на своего старшего товарища – томский Гербарий им. П. Н. Крылова. На вооружение был взят и способ



78

ГЕРБАРИЙ
Знаменского филиала Академии Наук СССР
Galatella Hauptii Lindl.
Июль 2014 года, Знаменский р. н.,
Алтайский край, Знаменский район,
с. Серовское, окр. 19. Черемухина В. А.,
Пяк А. И., Эбель А. Л., Макунин А. И.,
Королёк Е. А., Жильцов А. И.



хранения образцов – коробки и деревянные шкафы, способ монтировки и оформление этикеток. Сразу же начали формироваться каталог и инвентарные книги.

Основные пополнения коллекции составили сборы сотрудников, в 1970–1980-е гг. работавших над темами диссертационных работ, связанных с исследованиями флоры юга Красноярского края, Хакасии и

Ежегодно в течение 30 лет нынешний глава лаборатории гербарий Д. Н. Шауло отправляется в экспедицию для исследования флоры юга средней Сибири (справа). На фото: водитель В. Кучин, Д. Н. Шауло с внуком Тимофеем, С. П. Шауло, аспирантка Т. А. Шеметова. Берег Красноярского водохранилища, 2009 г.



79



Очень непросто сделать хороший коллекционный образец из таких травянистых великанов, как пепельник (слева, Кавказ, 2012) и ферула вонючая (внизу, Таджикистан, 2009), а также из караганы колючей, молодые черешки которой, одревесневая, превращаются в мощные колючки до 10 см длиной (вверху справа; Горный Алтай, 2007). С трудом просуются в гербарный пресс и подушковидные растения, такие как володушка бесстебельная и гониолимон красивый (справа, Горный Алтай, 2008)



ОТ ПОЛЯ ДО МУЗЕЯ

Гербарный образец должен пройти долгий путь, прежде чем станет собственно научным образцом. Сначала исследователь планирует выезд в нужный регион точно в определенное время вегетации и цветения растений, разрабатывает маршрут, готовит полевое оборудование. В поле происходит сбор и сушка образцов с соблюдением всех методических условий; в качестве материала для укладки, сушки и прессования растения в полевых условиях обычно используются обыкновенные газетные листы. Дело это далеко не простое: попробуйте-как уложить на гербарный лист крупное, колючее или толстое растение, не повредив ценный экземпляр! Все образцы обязательно снабжают этикеткой. Собранный материал нужно уберечь от непогоды, а затем транспортировать в лабораторию. Далее – камеральная обработка. У растения определяют его систематическое положение, анализируют морфологию, количественные и качественные признаки. Затем в работу включается технический персонал: образцы монтируют на стандартный гербарный картон. Чтобы образец долгие годы оставался востребован, коллекции тщательно оберегают от пыли и насекомых





А. А. Семенова в течение пятнадцати лет занимается подшивкой (монтировкой) гербария. Этот технический монотонный труд требует от специалиста не только терпения, усидчивости и ответственности, но и чувства стиля и вкуса и, безусловно, большой любви к растениям

Тывы. Особенный интерес вызвали совершенно неизученные труднодоступные горные территории Западного и Восточного Саяна. С 1980-е гг. к этим исследованиям прибавились изыскания на Алтае, в Новосибирской, Омской, Кемеровской областях. В результате экспедиций, длившихся по несколько месяцев, в гербарий поступало ежегодно до 6–7 тыс. образцов.

С 2001 г. и по настоящее время лабораторию Гербарий возглавляет ученик И. М. Красноторова к. б. н. Д. Н. Шауло.

Сегодня коллекция Гербария включает в себя ряд отделов: Сибирь, Тува, Дальний Восток, европейская часть бывшего СССР, Средняя Азия, Кавказ, Северная Америка, зарубежная Европа, зарубежная Азия, а также интродук-

ционный, микологический и дублетный. В гербарных фондах имеется и особый «Отдел типовых образцов», в котором хранится более 170 поистине уникальных единиц хранения. Эти гербарные образцы послужили эталонами для описания новых для науки видов растений. Всего сотрудниками и аспирантами лаборатории описано около 70 неизвестных до этого видов и подвидов сибирских растений.

На стеллажах – «рабочий» (неинсерированный) гербарий, ждущий своей очереди превратиться в полноценные коллекционные фонды. Ведь гербарный экземпляр «оживает» для исследования только после окончательной сушки, замены полевой этикетки на стандартную, монтировки на листе и инсерации – раскладки в нужный отдел и внесения в инвентарную книгу.

Слева – А. А. Красников, сотрудник лаборатории с 1973 г., за работой на микроскопе Аxioskop-40 с цветными цифровыми камерами высокого разрешения



С участием сотрудников лаборатории и с использованием гербарных коллекций создавалась многотомная сводка «Флора Сибири» (1987–2003 гг. – первая и пока единственная в мире современная «инвентарная книга» растений Сибири. По материалам многолетних экспедиций было опубликовано шесть региональных «Определителей растений», часть из них (например, «Определитель растений Новосибирской области» (1971 г., 2000 г.) и «Определитель растений Республики Тыва» (1984 г., 2007 г.) впоследствии была переработана и переиздана на основе дополнений гербарных коллекций.

В настоящий момент флористическое направление в лаборатории сдает свои позиции, но это не означает, что коллекции не пополняются: в последнее десятилетие значительные поступления в гербарий идут в результате работ по тематике, не связанной с исследованием

Бессменный «хранитель коллекций» С. А. Красникова пришла в гербарий в 1975 г. прямо со студенческой скамьи

на стр. 86





В гербарных коллекциях Санкт-Петербурга (LE) хранятся растения, также относящиеся к виду с современным названием *Rhinactinidia eremophila* (Bunge) Novopokr. ex Botsch.

«ПЕРЕЧИТЫВАЯ» ГЕРБАРИЙ...

Неискушенный читатель, впервые ознакомившийся с организацией работы гербариев, может задаться вопросом: а зачем тратить столько усилий и средств для сохранности «древних» гербарных листов, да еще множества дуплетных экземпляров, ведь все эти виды растений давным-давно описаны и классифицированы? На это можно было бы ответить, что никому не придет в голову уничтожать первоиздания, хранящиеся в библиотеках, и посоветовать припомнить, сколько раз нам хотелось вернуться к полюбившейся книге, чтобы пере-

честь памятные страницы... Однако такой ответ будет не совсем точен, ведь гербарный лист имеет не только историческую и эстетическую, но и непроходящую научную ценность. В современной ботанике при описании нового вида принято указывать точный гербарный образец в качестве типа («type»). Растение, смонтированное на типовом гербарном листе, является эталоном морфологических признаков данного вида и точно документирует географическую точку его первого нахождения в природе. Но так было не всегда: во времена

«Гербарий используется для исследования морфологии растений, при изучении экологической, географической и индивидуальной изменчивости растений. Гербарий документирует состав флоры, распространение и экологическую приуроченность видов. Гербарный образец – это тот первичный материал, который может повторно исследоваться, дает возможность, по мере развития науки, извлекать все новую и новую информацию, проверяя ранее сделанные заключения» (Гуреева, 2012, с. 5)

Линнея и Ламарка еще не существовало точно регламентированного правила о выборе типового образца, поэтому современному исследователю зачастую приходится предпринимать историческое расследование в гербарных коллекциях мира, чтобы связать видовое название с конкретным гербарным листом. На помощь приходят так называемые «авторские тесочки» и рабочие этикетки, а также примечания на гербарном образце, оставленные разными исследователями. В качестве примера приведем «таксономическую историю» одного интересного алтайского вида. Сейчас в разных гербариях мира хранятся образцы этого растения, собранные в 1826 г. во время путешествия на Алтай членом-корреспондентом Петербургской Академии наук, известным ботаником К. Ф. Ледебуром и его учениками А. А. Бунге и К. А. Мейером (в дальнейшем их многочисленные сборы послужили материалом для написания 4-томной «Flora Altaica»). На основе этих образцов в 1835 г. Бунге и описал новый вид в известном роде *Aster* – *Aster eremophilus* Bunge. Один из этих гербарных листов хранится в коллекциях Парижа. Печатная этикетка подтверждает, что это сборы Бунге с Алтая, с р. Чуи, а пометка «Herbarium Cosson» сви-

Гербарные экземпляры вида с современным названием *Rhinactinidia eremophila* (Bunge) Novopokr. ex Botsch., хранящиеся в парижской коллекции (P) (слева) и в Сибирском отделе Гербария Санкт-Петербургского Ботанического института им. В. Комарова (LE) (справа)

детельствует, что лист относится к собственному гербарии Бунге, проданному им французскому ботанику Э. Коссону. Судя по другой, рукописной этикетке, этот образец изучал швейцарский ботаник и биогеограф А. Декандолль, свидетельством чему является выполненная его почерком подпись под названием: «*mihi*», т. е. «мною описанный вид». В 1836 г. Декандолль выделил растение в новый род и вид, дав ему название *Rhinactina uniflora* Bunge. ex DC. Еще один гербарный образец (дублетный сбор Бунге, Мейера и Ледебур) хранился в коллекциях Санкт-Петербурга. На рукописной этикетке, подписанной явно самим Бунге, стоят уже оба названия растения со ссылкой на дополнение Бунге к «Flora altaica». Тут же имеется пометка («Herb. Fischer»), что лист относится к коллекциям директора Императорского ботанического сада Ф. Б. Фишера, который сам в Сибири не был, но совместно с Мейером

описал много местных растений. Таким образом, этот образец также может считаться авторским материалом, послужившим в свое время для описания нового таксона. Но на этом его история не закончилась.

В середине прошлого века «заработало» правило ботанической номенклатуры о выборе типового образца при описании нового вида. В это время готовился 25-й том «Флоры СССР», где публиковалась информация о растениях из семейства сложноцветных, в том числе и *R. eremophila*. Поскольку доступ к заграничным коллекциям в советский период был ограничен, в качестве эталонного образца для описания вида отечественные исследователи использовали именно этот гербарный лист из Сибирского отдела Гербария Ботанического института им. В. Комарова (LE), о чем свидетельствует еще одна этикетка-тесточка. Здесь тоже все сложилось не сразу. Сначала профессор И. В. Новопокровский ошибочно присвоил новому роду название, уже «занятое» другим, ископаемым растением, оставив видовое название, как у Бунге: *Krylovia eremophila*. Наконец, в 1986 г. известный советский ботаник В. П. Бочанцев исправил ошибку, описав этот род под названием, близким к декандровскому – *Rhinactinidia*. Все эти исторические и таксономические пертурбации отразились в современном названии вида: *Rhinactinidia eremophila* (Bunge) Novopokr. ex Botsch.

Спустя 180 лет после сбора все гербарные образцы стали отправной точкой для сибирских исследователей в дальнейшем изучении этого интересного растения. Оказалось, что ринактинидия пустынно-степная занимает очень узкий ареал с суровыми климатическими условиями. Западная часть Кош-Агачской котловины на Юго-Восточном Алтае с заходом на территорию Гобийского Алтая, несколько точек на юге Тувы и единичные местообитания на южном побережье Байкала – единственные места на планете, где можно встретить это редкое растение, занесенное в несколько «Красных книг».

Интересно, что в старом морфологическом описании этого вида указывалась корневищная жизненная форма, однако экспедиции на Алтай, на р. Чуя, показали, что эти растения являются травянистыми подушками, т. е. неподвижно закрепленными, и распространяются только семенами. Дальнейшие исследования показали, что семена ринактинидии всходят лишь в относительно влажные годы, и до взрослого состояния доживает не более 2% молодых растений. Однако цветет и плодоносит она обильно, и живет долго (30–50 лет), поэтому если человек не уничтожит местообитания ринактинидии, то за сохранность редкого вида бояться нечего. Сохранить же ринактинидию в условиях ботанических садов не представляется возможным из-за сложной жизненной формы и специфических условий произрастания

растительности малоизученных географических районов. Во-первых, речь идет о более углубленных исследованиях определенных групп растений. Так, при подготовке к изданию некоторых томов «Флоры Сибири» особенно детально исследовались представители ряда семейств (лютиковые, осоковые, сложноцветные и др.), результатом чего стал более тщательный сбор и пополнение гербарных коллекций именно этих растений. Во-вторых, в лаборатории на протяжении многих лет реализуются различные научные программы, такие как исследования числа хромосом растений Сибири или антропогенных и инвазивных элементов во флоре. Все это также выливается в дополнительные поступления образцов.

Кроме того, в последние десятилетия при изучении проблемы вида и видообразования используют молекулярные, цитологические, химические методы исследо-

вания растений. При этом все образцы, послужившие эталонами для изучения кариотипов, ДНК, элементного состава и т. п., также обязательно поступают в фонды гербария. Ни один исследователь не сможет опубликовать свои данные без стандартной ссылки на акроним гербария или место хранения изученных образцов.

Фондовые коллекции пополняются и благодаря труду сотрудников смежных лабораторий ЦСБС СО РАН: решая собственные научные задачи, они собирают растения в полевых условиях и затем отдают этот научный материал в общее пользование. Некоторые сотрудники и лаборатории формируют собственные коллекции, которые также числятся под акронимом Гербария (например, микологический гербарий И. А. Горбуновой и коллекция древесных интродуцированных растений лаборатории дендрологии).

В наши дни в связи с возросшим техногенным влиянием человека на природу, высокой потребностью в экологических экспертизах и созданием особо охраняемых природных территорий имеется насущная необходимость в мониторинге разных географических территорий, в том числе состава флор, популяций редких и исчезающих видов растений. Решение любой возникающей проблемы в этой области возможно лишь с привлечением фактических данных о местонахождении того или иного вида или популяции растения, т. е. на основе гербарных образцов. Поэтому для выполнения сравнительного анализа исследователь будет вновь и вновь возвращаться к коллекционному фонду Гербария как к научной базе данных.

Проходят годы, уходят создатели и хранители Гербариев, им на смену приходят новые поколения исследователей. Гербарий с возрастом не стареет, ведь с годами его коллекции становятся все интереснее и ценнее, а значит, и востребованнее для специалистов. Хотя Гербарий им. И. М. Красноборова ЦСБС СО РАН относительно молод, мы надеемся, что недалек тот день, когда он официально будет признан частью национального научного достояния страны. Но уже сегодня любой ученый может гордиться своим вкладом, сделанным в уникальный отечественный коллекционный фонд.

Литература

Гуреева И. И. Гербарное дело: Руководство по организации Гербария и работе с гербарными коллекциями. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2012. 194 с.

Скворцов А. К. Гербарий. Пособие по методике и технике. М.: Наука, 1977. 199 с.

В публикации использованы фотографии автора и сотрудников лаборатории Гербарий ЦСБС СО РАН (Новосибирск) М. Н. Ломоносовой и Т. А. Мякшиной





О. А. КРАСНИКОВА

Чукотская экспедиция И. П. Толмачева: в поисках Северного пути

ОТЧЕТНАЯ КАРТА
ЧУКОТСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ
1909 г.

В 2013 г. отмечалось 100-летие открытия Географической экспедицией Северного Ледовитого океана (ГЭСЛО) обширного архипелага, названного Землей Императора Николая II (с 1930 г. – Северная Земля), ставшим завершающим аккордом эпохи великих географических открытий. Это знаменательное событие стало поводом к организации в 1914 г. при российской Академии наук постоянной Полярной комиссии с целью координировать для исследования, проводившиеся в Арктике силами различных ведомств. Но мало кто знает, что инициатором создания комиссии стал И. П. Толмачев, опытный участник геологических исследований в Сибири, руководитель ряда значительных полярных экспедиций, в том числе Чукотской (1909–10 гг.), которая была инициирована Министерством торговли и промышленности для исследования возможностей создания Северного морского пути – кратчайшего морского пути между Европейской частью России и Дальним Востоком. В 1922 г. Толмачев эмигрировал из советской России, поэтому имя и заслуги этого замечательного полярного исследователя были незаслуженно забыты на десятилетия

Иннокентий Павлович Толмачев,
конец 1940-х гг., США

Ключевые слова: Северный морской путь, И. П. Толмачев, Б. А. Вилькицкий, Гидрографическая экспедиция Северного Ледовитого океана, Чукотская экспедиция 1909-1910 гг., северное побережье Сибири, Якутия, Полярная комиссия Академии наук.

Key words: Northern Sea Route, I.P. Tolmachev, B.A. Vilkitzky, the Arctic Ocean Hydrographic Expedition, the Chukot Expedition 1909-1910, North Siberia coast, Yakutia, Polar Commission of the Academy of Sciences

Идея [Чукотской] экспедиции, а отчасти и ее план родились в административных кругах, тогда как обычно в таких случаях инициатива принадлежит самому исследователю», – напишет позднее И. П. Толмачев (Толмачев, 1911), – «Экспедиция была выдвинута, можно сказать, самой жизнью, интересом, пробудившимся к нашим полузабытым окраинам, в частности, к Северу, сознанием слабой связи окраин с метрополией и необходимости усилить так или иначе эту связь. В числе первых мероприятий в этом направлении было намечено улучшение путей сообщения в Сибири». В решении этой проблемы объединились интересы двух ведомств: гражданского – Торгового, и военного – Морского.

Поводом к тому, что в правительственных кругах появился интерес к «полузабытым окраинам» стали трагические результаты Русско-Японской войны 1904–1905 гг. Практически полное отсутствие транспортного сообщения с отечественным Дальним Востоком – полное бездорожье на суше наряду с большой длительностью и небезопасностью единственного морского пути через Индийский океан, сделало почти невозможной доставку туда каких-либо грузов.

Альтернативой весьма затратным сухопутному и южному морскому пути мог стать Северо-восточный проход морем вдоль арктического побережья России. Гидрографические работы Морского ведомства в Северном Ледовитом океане, начавшиеся в 1894 г. и всего за десятилетие охватившие обширное пространство от Кольского п-ова до устья р. Енисей, показали, что подобное плавание из Европы с заходом в Енисей и Обь возможно ежегодно. Однако дальнейшему исследованию восточного побережья Сибири помешала Русско-Японская война, и знания об этой части трассы Северного морского пути оставались крайне скудными.



КРАСНИКОВА Ольга Алексеевна – кандидат исторических наук, заведующая сектором картографии Библиотеки РАН (Санкт-Петербург). Действительный член Русского географического общества, секретарь Комиссии истории географических знаний Санкт-Петербургского отделения РГО. Автор более 150 научных работ

© О. А. Красникова, 2014

на стр. 92

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА АЛТАЙСКОГО ОКРУГА

издаваемая Геологической частью Кабинета Его Императорского Величества
 CARTE GÉOLOGIQUE DU DISTRICT DE L'ALTAÏ
 publiée par la Section Géologique du Cabinet de Sa Majesté (Ministère de la maison de l'Empereur)

1905

Листы: Борисово Кузнецк, Тудун, Теса, Нарынган, Тосабины, Б.Н. Полюнов, И.П. Толмачев и Я.А. Макаров
 Feuilles: Bourssovo, Kouznetsk, Toudun, Tessa, Karlyngan, Tossabiny, B. N. Polounow, I. P. Tolmatschew et J. A. Makareff



И. П. Толмачевъ.

Иннокентий Павлович Толмачев, 1914 г. Источник: «Сибирский торгово-промышленный ежегодник на 1914—1915 гг.», Пг., 1914 г.

И. П. ТОЛМАЧЕВ – УЧЕНЫЙ И ПУТЕШЕСТВЕННИК

Иннокентий Павлович Толмачев (1872—1950) – известный ученый и полярный исследователь, был первым исследователем Кузнецкого Алатау (1898), руководителем Хатангской (1905), Чукотской (1909—1910) и Семиреченской (1914—1916) полярных экспедиций, исследователем геологии Северного Кавказа и Кольского полуострова (1917). Он – автор ряда трудов по палеонтологии и геологии, многие из которых, в том числе его работы по окаменелостям Кузнецкого угленосного бассейна, стали классическими.

Научные интересы И. П. Толмачева оформились довольно рано. После окончания Санкт-Петербургского университета с дипломом первой степени талантливый молодой ученый был приглашен на работу в Геологический кабинет Императорского Юрьевского университета (ныне – Университет г. Тарту, Эстония). Но задержался он там ненадолго: весной 1898 г. он получил из Земельно-Заводского отдела Кабинета Его Величества приглашение отправиться «на время вакаций» в Алтайский округ для геологических исследований. Результаты трехмесячной поездки были изложены в отчете о геологических исследованиях и дневниках, дополненных списками собранных образцов, определенных высот и таблицами метеорологических наблюдений в Барнауле, Томске и Неожиданном прииске. В следующем году Толмачев вновь провел трехмесячные изыскания на Алтае (Архив Университета г. Тарту, Эстония); одним из результатов его работ стала «Геологическая карта Алтайского округа» (Геол. Часть Кабинета..., 1905).

Почти сразу же по завершении экспедиции Толмачев принял должность ученого хранителя Геологического музея Санкт-Петербургской Академии наук. Обстоятельства для него складывались чрезвычайно благоприятно, и вскоре на средства Русского Географического Общества Толмачев организовал экспедицию в верховья р. Томи с целью изучения горных озер Кузнецкого Алатау.

Уже в 1905 г. Русское географическое общество доверило Толмачеву руководство экспедицией в неисследованные районы северного Таймыра, в Туруханский край, для исследования бассейна р. Хатанги. Он впервые, совместно с топографом М. Я. Кожевниковым составил карту громадной – более 1 млн км² – территории, уточнив гидрографическую сеть региона. Самым значительным достижением экспедиции стало открытие и описание Анабарского плато.

Впечатляющие результаты, полученные Толмачевым, и то, с какой вдумчивой подготовкой и осмотрительностью он провел экспедицию, доставило ему известность среди ученых и специалистов. Поэтому именно его, опытного путешественника и серьезного исследователя, пригласили руководить экспедицией, напрямую связанной с освоением Северного морского пути

Геологическая карта Алтайского округа. Масштаб: 1/420000.

Карта была составлена Б. К. Полюновым, И. П. Толмачевым и Я. А. Макаровым по результатам работы в Алтайском округе в экспедициях 1898—1899 гг., организованных Геологической частью Земельно-Заводского отдела Кабинета Его Величества. Геол. Часть Кабинета Его Императорского Величества, 1905.

Фонд Сектора картографии Библиотеки РАН, Санкт-Петербург

Известняки calcitres	Верхний отдел Section supérieure	Верхний ярус Etage supérieur	Дистрибуционные отложения Dépôts postpliocènes	Порфиры Porphyres
Кристаллические сланцы Schistes cristallins	Средний отдел Section moyenne	Нижний и средний ярус Etages moyen et inférieur	Современные отложения Dépôts récents	Граниты, сиениты, гнейсы, гранито-гнейсы, гнейсы Granites, syenites, gneissos-granites, gneiss
Метаморф пор Салаирского кража Roches métamorphiques de Salair	Нижнекаменноугольные известняки и песчаники calcitres et grès carbonifères de la section inférieure	Нижнекаменноугольные известняки и песчаники calcitres et grès carbonifères de la section inférieure	Проксениты, оливиниты пор дльцевиты Proxénites, peridotites, serpentines	Габбро, габбро-диориты, габбро-порфиты, антиты, габбро-сиениты и диоритовые порфиры Gabbro, gabbro-diorites, gabbro-porphites, gabbro-syenites, porphyres dioritiques

Кроме того, по побережью Северного Ледовитого океана, особенно на Чукотке и Дальнем Востоке, российское присутствие почти не ощущалось, а высокая активность торговцев, приплывающих через Берингов пролив, ставила российский Северо-Восток едва ли не под угрозу отторжения (Гарусова, 2001). Поэтому для защиты экономических и политических интересов России необходимо было как можно скорее организовать здесь торговое мореплавание и создать условия для охранных судов.

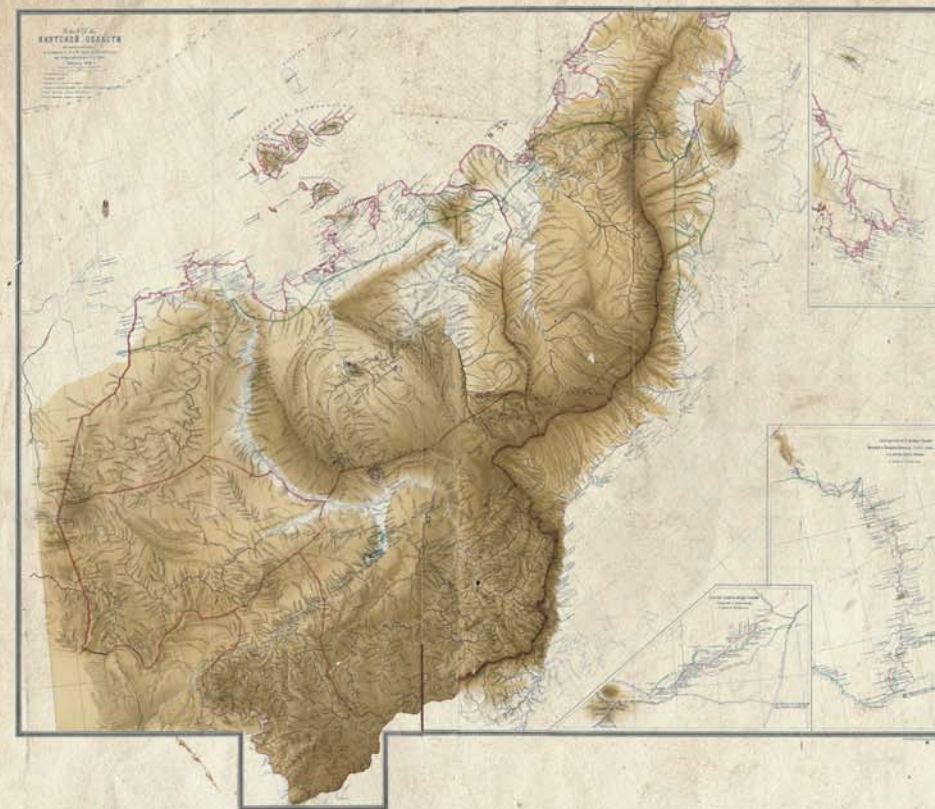
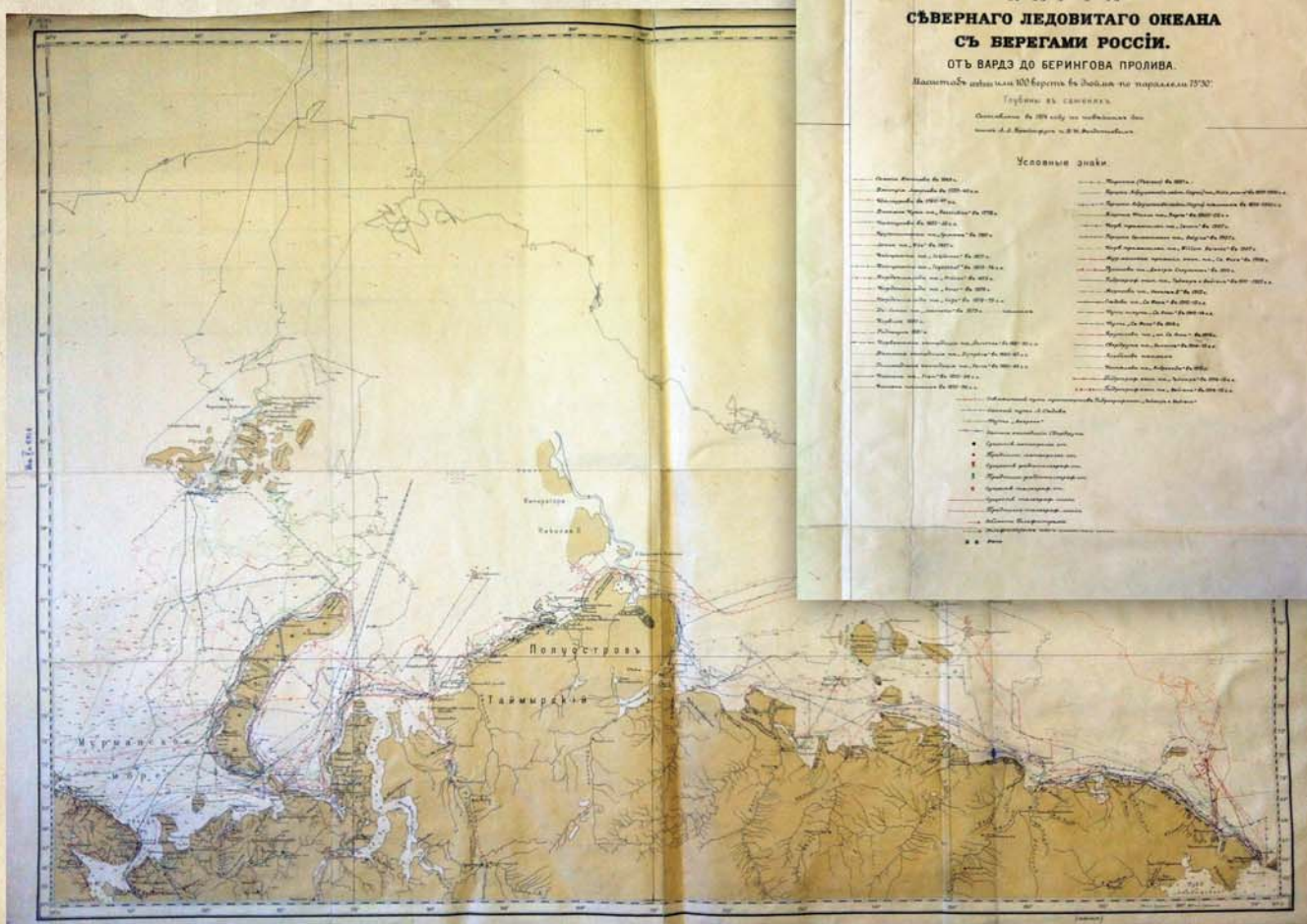
Государственный вопрос

В июне 1906 г. морской министр вице-адмирал А. А. Бирилев дал поручение Адмиралтейств-совету выяснить возможности продолжения гидрографических работ в Северном Ледовитом океане. Спустя девять месяцев Николаю II был представлен доклад «... О необходимости продолжения гидрографических работ в Северном Ледовитом океане для открытия морского сибирского пути, так называемого Северо-восточного прохода, расположенного в наших территориальных водах, весьма важного для стратегических

и экономических интересов России» (Евгенов, Купецкий, 2013, С. 7).

Тогда же было принято решение построить два судна ледокольного типа, устройство которых должна была разработать специально созданная комиссия, куда наряду с виднейшими гидрологами и гидрографами входил Толмачев. Первоначально предполагалось выяснить условия плавания в районе Таймырского полуострова (Вилькицкий, 1911), однако вскоре на первый план вышел вопрос о необходимости торгового мореплавания из Тихого океана до устьев рек Колымы и Лены и, как следствие, об исследовании побережья от устья Лены до Берингова пролива.

Карта Северного Ледовитого океана с берегами России. От Вардэ до Берингова пролива. На карте показаны маршруты российских и иностранных экспедиций в Арктике с 1648 г. до 1915 г. Масштаб: 1/ 4200000 или 100 верст в дюйме по параллели 75°30'. Составлена в 1914 г. по новейшим данным Л. Л. Брейтфус и Д. Н. Феодотьевым. Л., 1922. Фонд Сектора картографии Библиотеки РАН, Санкт-Петербург



Карта Якутской области. Рисовал и дополнил Г. Майдель в 1890 г. на основании III и IV листов карты Азиатской России (изд-во Генерального штаба, СПб., 1884 г.). Масштаб: 1/4200000. СПб.: Картографическое заведение А. А. Ильина, после 1890 г. Фонд Сектора картографии Библиотеки РАН, Санкт-Петербург

Вопрос о содействии мореплаванию вдоль северного побережья Сибири обсуждался и в Совете министров, поручившем иркутскому генерал-губернатору сформировать в г. Якутске специальную комиссию с участием «местных и заезжих знатоков севера Сибири» для обсуждения условий плавания. По признанию членов этой комиссии, прежде всего требовалось создать вдоль всего северного побережья Восточной Сибири ряд опорных пунктов со складами продовольствия и необходимым инвентарем. Но поскольку «даже выбор места для таких станций был чисто гадательным», было предложено как можно скорее снарядить вдоль арктического берега Верхоянского и Колымского округов две сухопутные рекогносцировочные экспедиции. Одновременно был поднят вопрос и об устройстве через Берингов пролив пароходного сообщения с устьями Колымы и Лены (Толмачев, 1911).

Совет министров вскоре инициировал обсуждение этих предложений на особом совещании в Отделе торгового мореплавания Министерства торговли и промышленности, где «немедленное устройство коммерческого пароходства в этих неисследованных морях» было признано рискованным и преждевременным. В конце концов было решено отправить в 1909 г. только сухопутную экспедицию под руководством Толмачева.

В том же 1908 г. и Финансовая комиссия Государственной думы рассмотрела вопрос о налаживании пароходного сообщения между Владивостоком и другими портами Дальнего Востока, с возможностью продлить линию Владивосток – Чукотский полуостров до Колымского края. Для этого требовалось получить как можно более точные сведения о физико-географических

характеристиках, геологии и, особенно, топографии побережья Северного Ледовитого океана.

Именно сухопутная съемка берега от устья р. Лены до Берингова пролива была названа в числе основных задач экспедиции. На одном из заседаний Физико-математического отделения Академии наук министр И. П. Шипов, выступивший с просьбой об откомандировании Толмачева в распоряжение Министерства торговли и промышленности, особо подчеркнул, что всю береговую линию необходимо снять вновь (Ширин, 2001).

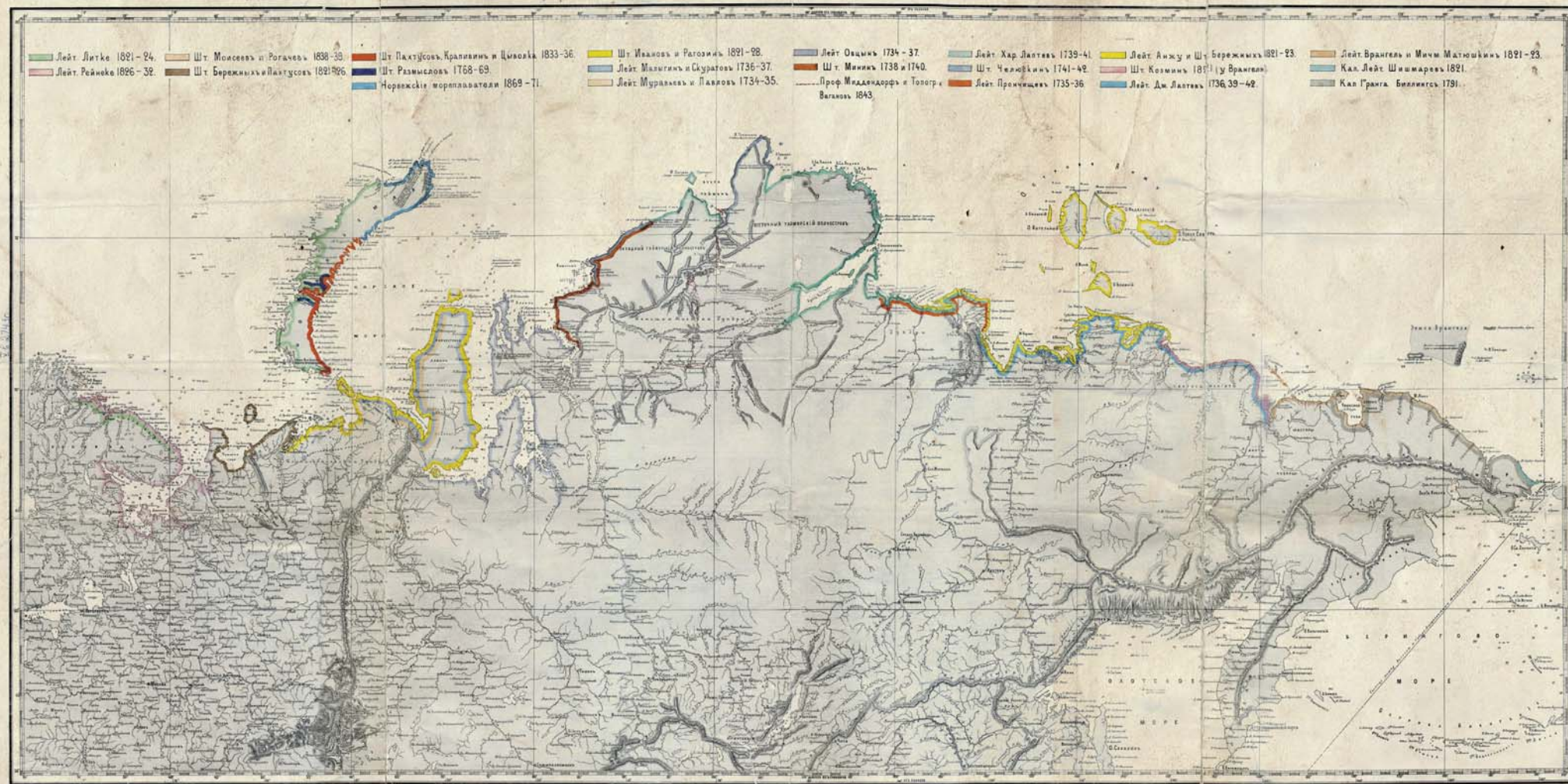
Трудное начало

Итак, настоятельная необходимость съемки побережья Северного Ледовитого океана объяснялась не только вполне понятным научным интересом, но, прежде всего, практическими нуждами.

Этот громадный участок страны оставался к началу XX в. самым малоизвестным (Красникова, 2009). Существовавшие тогда карты основывались в этой части на сведениях, полученных еще экспедицией 1821–1824 гг. под руководством лейтенанта, барона Ф. П. Врангеля, которому вместе с мичманом Ф. Ф. Матюшкиным удалось в труднейших условиях, «с сухого пути и зимою по льду», составить карты берега от устья р. Колымы до Колочинской губы (Врангель, 1841).

И даже на итоговой «Карте Северного Ледовитого океана в границах Российской империи. Сост. на основании русских гидрографических исследований с 1734 по 1871 г.», где отмечены результаты работ 22-х гидрографических экспедиций по всему северному побережью России,

КАРТА
СЕВЕРНАГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА
вЪ ГРАНИЦАХЪ
РОССІЙСКОЙ ИМПЕРІИ.
СОСТАВЛЕНА НА ОСНОВАНІИ РУССКИХЪ ГИДРОГРАФИЧЕСКИХЪ ИССЛЕДОВАНІЙ СЪ 1734 ПО 1871 ГОДЪ.



участок от г. Нижнеколымска до м. Чукотского был показан на основе данных экспедиции Врангеля. А относительно небольшой участок северного побережья Берингова моря от м. Сердце-Камень до м. Восточный был обозначен как исследованный капитан-лейтенантом Г. С. Шишмаревым еще в 1821 г.

Не менее важен был и вопрос о геологическом исследовании северо-восточной части Сибири. План организации геологических исследований, составленный специальной подкомиссией с участием Толмачева, был сообщен Горному департаменту (Известия Геологического комитета. 1909. Т. 28. № 1. СПб., 1909).

Первоначально планировалось, что районом работ экспедиции станет побережье от устья р. Лены до Берингова пролива. Толмачев признал это возможным, если работы начнутся не позднее февраля 1909 г.: только

тогда за три весенних месяца санной дороги можно будет пройти путь от Лены до Колымы, а летом – Чукотское побережье.

Однако несмотря на то, что в результатах экспедиции были заинтересованы важные ведомства и правительственные структуры, выяснение вопроса о ее осуществлении заняло намного больше времени, чем предполагалось. Первое заседание Совещания по организации экспедиции состоялось лишь 20 декабря 1908 г., тогда как проезд из Петербурга до ближайшего пункта на маршруте занимал около двух месяцев. В результате пришлось отказаться от идеи пройти весь путь одним отрядом: Толмачеву предоставили исследование самой сложной части побережья от устья Колымы до Берингова пролива, а также поиск необходимых для этого средств.

Карта Северного Ледовитого океана в границах Российской империи, составленная на основании русских гидрографических исследований с 1734 г. по 1871 г. Составлена в Чертежном Гидрографическом департаменте Морского министерства в 1872 г. Пополнена и печатана с камня в 1874 г.
Фонд Сектора картографии Библиотеки РАН, Санкт-Петербург

На втором заседании 30 января 1909 г. выяснилось, что получить требующуюся сумму невозможно... Возник вопрос: сузить район исследований или вовсе отказаться от проведения экспедиции в текущем году? Ученые все же решили ходатайствовать о финансовой поддержке первоначального плана (маршрута от устья р. Лены до Берингова пролива), но при этом поделить

работу между двумя партиями. Общее руководство организацией экспедиции было возложено на Толмачева.

Вопрос о финансировании экспедиции удалось разрешить только 5 февраля 1909 г. (почти крайняя дата отъезда из Петербурга, назначенная Толмачевым!). Но ее фактическая подготовка началась почти месяц спустя, когда средства были, наконец, отпущены. «До этого момента экспедиция не могла считаться еще вполне решенной и, строго говоря, не было даже возможности производить необходимые заказы и покупки без известного риска..., не было возможности сделать какие-либо распоряжения или заказы на местах в Якутской области. ...Вопрос о том, возможно ли при таких условиях все же начать экспедицию, поднимался, конечно, не раз» (Толмачев, 1911. С. 3–4).

Времени для снаряжения экспедиции почти не оставалось, но благодаря содействию заинтересованных лиц и учреждений все удалось сделать максимально быстро. Начальник Главного Гидрографического управления А. И. Вилькицкий распорядился предоставить карты, книги и большую часть инструментов, обучил Толмачева производству астрономических наблюдений. Из Геодезического отделения Военно-Топографического управления были получены инструменты для съемки, два теодолита и несколько хронометров.

Якутский губернатор И. И. Крафт отправил в Якутск телеграмму с распоряжением колымскому исправнику заготовить для экспедиции припасы, закупить товары, нанять оленей, проводников и устроить склад на устье р. Чауна (аналогичная телеграмма насчет содействия западной партии экспедиции была послана верховянскому исправнику). К сожалению, это оказались единственные правительственные распоряжения о содействии Чукотской экспедиции, работавшей в местности, «с которой даже местное население и администрация знакомы очень мало, и где русское влияние равняется почти нулю» (Толмачев, 1911. С. 5).

Окончательно Чукотская экспедиция оформилась в виде двух отрядов: чукотский отряд под руководством Толмачева, в состав которого входили топограф М. Я. Кожевников и геодезист Э. Вебер, и Ленско-Колымский под руководством К. А. Воллосовича, куда вошли астроном Е. Ф. Скворцов и топограф Н. А. Июдин.

По представлению Главного гидрографического управления к экспедиции был присоединен еще один отряд: товарищ морского министра, адмирал И. К. Григорович приказал направить морского офицера «для подробного гидрографического исследования Колымского устья и подхода к нему со стороны океана и составления новейших морских карт» (Седов, 1917, с. 3). Руководить работой был назначен Г. Я. Седов, уже имевший арктический экспедиционный опыт,

помощником – боцманмат В. Жуков. Этот маленький отряд должен был способствовать возобновлению после шестилетнего перерыва работ Гидрографической экспедиции Северного Ледовитого океана. К началу 1909 г. постройка экспедиционных судов, получивших названия «Таймыр» и «Вайгач», почти завершилась, однако из-за мелких недоделок они не сразу смогли выйти в море. План их работ несколько раз менялся, и только в августе 1909 г. суда направились к Дальнему Востоку по южному пути, через тропики.

Три месяца в пути

Экспедиция Толмачева, наконец, отправилась в путь. Теперь не обойтись без частого цитирования его «Предварительного отчета...», озаглавленного «По Чукотскому побережью Ледовитого океана» (1911), о котором неоднократно упоминалось выше.



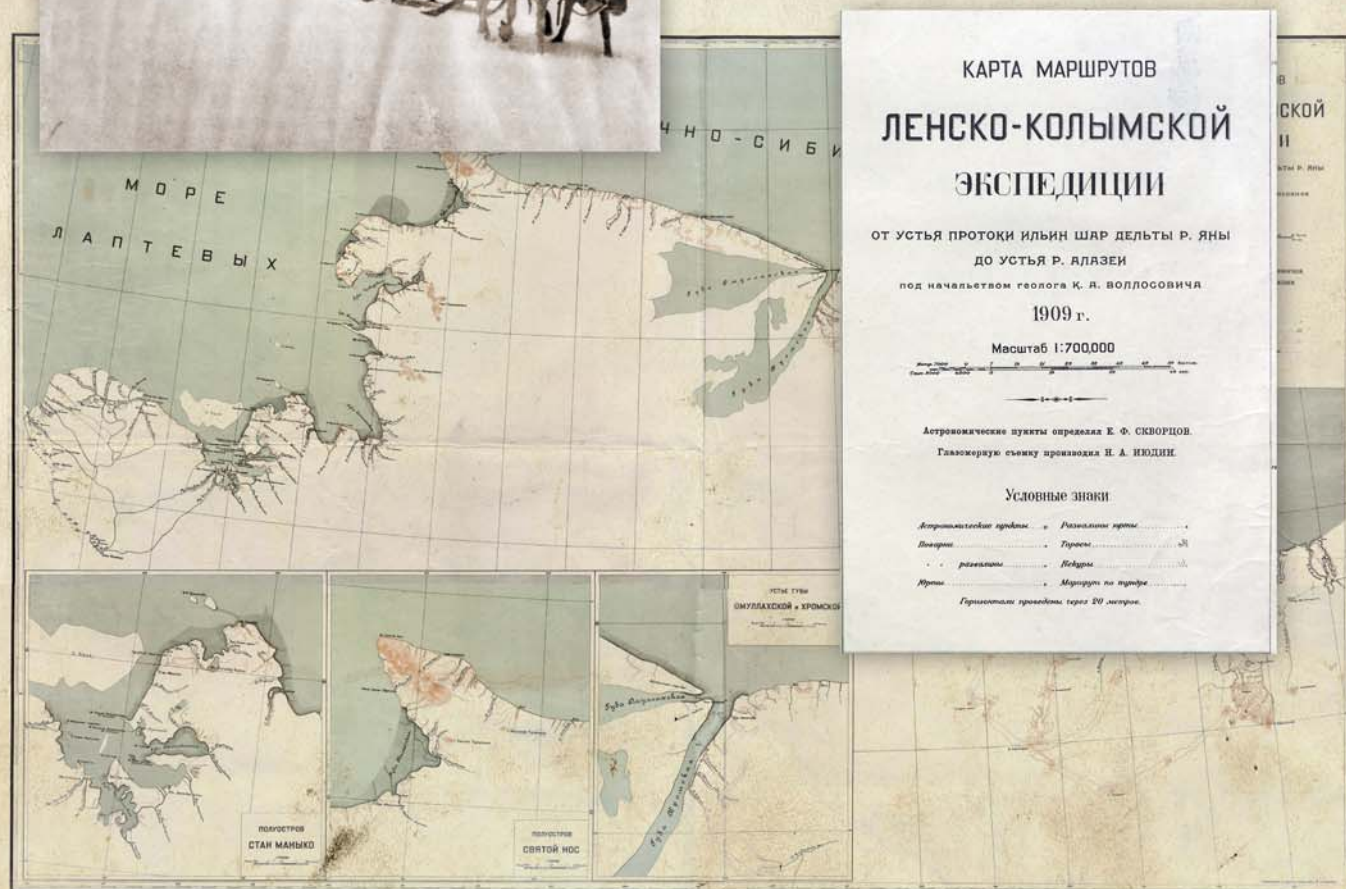
3 марта Толмачев со своим отрядом, Е. Ф. Скворцов из отряда Воллосовича и Г. Я. Седов направились из Петербурга через Москву в Иркутск. Здесь уже были заготовлены для экспедиции съестные припасы и теплые одеяла, а также большие кошевы – оббитые тканью широкие и глубокие сани с высоким задком. Астрономы Вебер и Скворцов сразу же начали работы.

Из-за нехватки лошадей и плохого состояния дорог решено было двигаться к месту работ несколькими партиями. В Якутск Толмачев приехал 31 марта, астрономы экспедиции – 2 апреля, и снова произвели

Чукотская экспедиция И. П. Толмачева (1909 г.). По Колымскому тракту на оленях.
 Фото: СПФ АРАН: Ф. 1053 Оп. 2. №. 47. № 132

Карта маршрутов Ленско-Колымской экспедиции от устья протоки Ильин шар дельты р. Яны до устья р. Алазеи под начальством геолога К. А. Воллосовича. Масштаб: 1/700 000. 1909 г. Астрономические пункты определял Е. Ф. Скворцов. Глазомерную съемку производил Н. А. Июдин. Составлял и чертил военный топограф Н. А. Эвенбах. Ленинград: Госуд. Картогр. Институт НТУ ВСНХ СССР, Пряжка, 5, около 1924 г. (Ленинградский областлит).

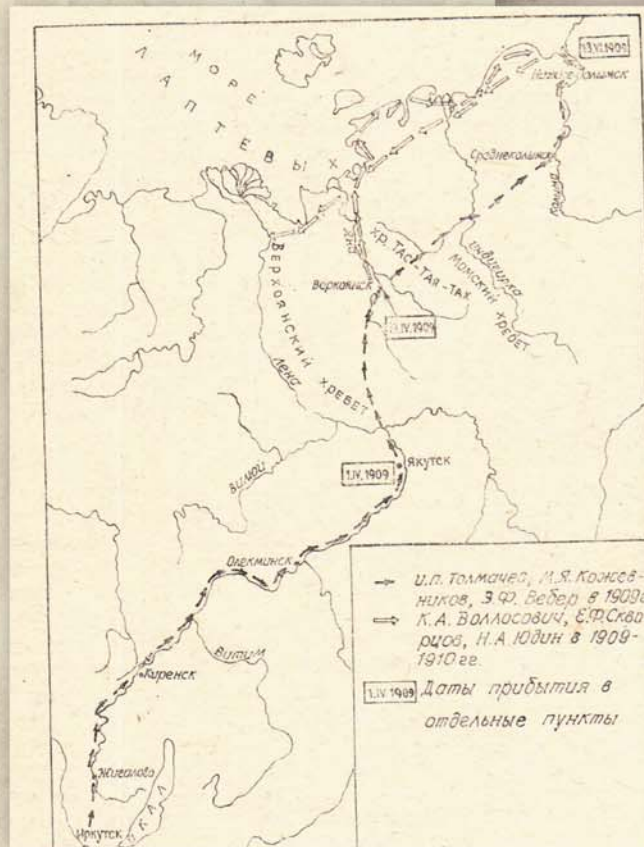
Фото: СПФ АРАН. Ф. 138. Оп. 2. № 53. Л. 10



По Колымскому тракту. Дорожная остановка (Седов, Толмачев, Ямщик-якут). Фото Г. Седова.
 По: (Толмачев, 1911)



Маршруты партий Лено-Чукотской экспедиции И. П. Толмачева (от Иркутска до устья Колымы) и К. Л. Воллосовича.
 По: (Данилин Е. Л. В неведомые земли. Красноярск, 1998)



из Петербурга товары. ... Рисковать остаться совсем без товаров я не мог, так как к чукчам с одними деньгами ехать нельзя. Пришлось поэтому взять отсюда три места чаю и пуд черкесского табаку, что вместе с другими закусками увеличило наш багаж в Якутске на шесть нарт, да столько же нарт мы примерно привезли из Иркутска. К этому необходимо прибавить три наших нарты казаков и нарты трех ямщиков, так что всего наша экспедиция задолжала более двадцати нарт. В общем же вся экспедиция (считая и партию К. А. Воллосовича) вместе с Г. Я. Седовым занимала до сорока нарт, по крайней мере, на пути до Верхоянска» (Толмачев, 1911, с. 8–9).

До Якутска ехали очень благополучно, но далее начались сплошные неприятности. Содержатели почтовых станций уверяли, что станционные олени и лошади существуют для почты, а не для экспедиций, для которых есть улусные подводы. На вопрос же Толмачева, почему нет подвод, якуты отвечали, что ничего не знали о проезде экспедиции, и что специальный нарочный, проехавший в марте в Средне-Колымск с депешами путешественников, никаких распоряжений по дороге не оставил. «Из всего этого делался, видимо, вывод, что экспедиция... дело пустое, относительно которого никто не считал нужным позаботиться» (там же, с. 14).

При начавшейся распутице дела пошли еще хуже, и Толмачев со спутниками застрял на станции Дирин-Оломской, в 120 верстах от Верхоянска, где не было ни лошадей, ни оленей. Воспользовавшись единственной оказавшейся здесь лошастью, он отправил своего казака на поиски с официальной бумагой. «Главную символическую суть этой бумаги представляла моя сургульная

наблюдения. Благодаря содействию местной администрации и частных лиц удалось довольно быстро закупить необходимые припасы, товары, а также подготовить к отправке разросшийся багаж экспедиции: «Количество закупок пришлось неожиданно сильно увеличить, так как никто в Якутске не мог мне гарантировать, что я получу в Средне-Колымске все заказанные мною там



Лагерь экспедиции на р. Медвежьей.
Фото И. Толмачева. По: (Толмачев, 1911)



Переправа через р. Алазею. Фото Седова
По: (Толмачев, 1911)

для экспедиции, из-за чего «Средне-Колымск сразу обеднел маслом и сахаром, так малы здесь к весне самые насущные запасы. Десятки пудов сухарей, заказанных нами, только-только успели выпечь и отправить в Нижне-Колымск...» (там же, с. 31).

Согромным трудом удалось приобрести и отремонтировать лодки. В записке Душкина, адресованной Толмачеву, сообщается о ремонте лодки мастером Гамбаевым, которому уплачено 15 руб. и «S» бутылки спирта: «только из-за последнего и удалось уговорить Гамбаева; он обещает ремонт лодки сделать приличный, но неотвязно просит выговоренную S бут. У меня спирта нет, поэтому Гамбаева с настоящей запиской отправляю на Ваше усмотрение» (СПФ АРАН. Ф. 1053. Оп. 2. № 27). Но и спирт не помог: отремонтированная лодка при спуске на воду сразу наполнилась водой.

25 мая Толмачев и Седов на двух лодках покинули Средне-Колымск: «О товарищах ничего не было слышно и у местных жителей было убеждение, что их задержали в пути разливы рек, и что они будут не скоро. Г. Я. Седов, насколько мог, настроил свой карбас, повысив несколько набойками его борта и снабдив более удобными веслами, а также и небольшим косым парусом, что вызвало на Колыме полную сенсацию» (Толмачев, 1911, с. 44). Невзирая на ветер и высокую волну, добрались до «прорвы» – новой протоки Колымы, места кончины известного исследователя Сибири И. Д. Черского, отмеченного простым деревянным крестом.

В Нижне-Колымск приплыли в ночь на 2 июня, где удалось нанять переводчика, юкагира Румянцева. Утром 8 июня Толмачев уже плыл вниз по Колыме, и через четыре дня был уже в Сухарном, у своих спутников, приплывших туда накануне. 22 июня экспедиция отправилась в путь к маяку Лаптева, откуда должна была начать свои наблюдения.

Три с половиной месяца потребовалось путешественникам только для того, чтобы добраться по сибирским дорогам к месту начала маршрута. Мучения с транспортом усугублялись погодными неурядицами – ранней распутицей, разливами рек, сильными ветрами. В результате экспедиция добралась до маяка Лаптева с полуторамесячным отставанием от намеченного плана. Особенно сложно оказалось нанять рабочих-

ламутов: с большим трудом Толмачев смог уговорить принять участие в экспедиции шестерых мужчин и одну женщину, на которую, по местным обычаям, целиком возлагалась обязанность установки и сборки чума, а также уход за одеждой и обувью всего экспедиционного состава (там же, с. 42–43).

По Чукотскому побережью

23 июня, наконец, начались работы. Грузы распределили между лошадьми и оленями, и экспедиция отправилась на восток. С караванами было много хлопот: олени в большинстве своем были изнуренные или старые, а полудиких лошадей пришлось учить привыкать к уздечке прямо перед работой...

На первой стоянке у устья р. Медвежьей экспедиция сформировалась в окончательном виде: «... кроме нас троих она состояла из двух конюхов, переводчика, казака и семи человек ламутов – всего 14 человек. Мы трое помещались в двух палатках, причем большая, где ночевали Э. Ф. Вебер и М. Я. Кожевников, служила нам на остановках общим помещением. Ламуты жили в чуме, а для русских рабочих имелся так называемый “полог” – маленькая палаточка из дабы почти кубической формы, годная, благодаря своим размерам, только для спанья, но все-таки защищающая от дождя, ветра, а самое главное – комаров» (там же, с. 46).

«Ход экспедиции определился теперь так. Я выезжал верхом на олене в сопровождении верхового же ламута с одним вьючным оленем, нагруженным инструментом и собираемыми коллекциями, и ехал или шел самым берегом. М. Я. Кожевников ехал также вдоль берега с другим ламутом, но на санях, на которых, впрочем, ему приходилось сидеть еще реже, чем мне верхом. Караван, как общее правило, шел под наблюдением Э. Ф. Вебера в глубине тундры, так как берега местами сильно утесисты и непроходимы... были и многочисленные речки... Мы с М. Я. Кожевниковым... пользовались нашим каюком. Местами, где предполагалось, что дорога вдоль берега очень трудно проходимая, мы шли пешком, имея вьючных оленей только для грузов. Когда до экспедиции мы рассуждали, как пойдет работа, то всегда предполагали, что обход берега пойдет в общем тише,

чем движение каравана. Оказалось, однако, обратное. Благодаря простоте береговой линии, дорога по берегу являлась чуть ли, вообще, не кратчайшим путем, если бы не препятствия, упомянутые выше, вследствие которых каравану приходилось идти в отдалении от берега, и он, обходя речки или прибрежные горы, делал часто даже круг. Кроме этого, люди без достаточного надзора шли с постоянными, часто совершенно ненужными остановками, как бы пассивно протестуя против совершенно необычного для них летнего движения. В силу этого мы с М. Я. Кожевниковым, двигаясь не скорее, чем можно идти пешком и все время работая не только не задерживали движение экспедиции, а очень часто приходили в условленное место ночлега значительно раньше...» (там же, с. 47–48).

В дальнейшем Толмачев и Кожевников разделились: с Толмачевым шел рабочий Шкулев, ведший лошадь с навьюченными грузами и ящиком с хронометром. Там, где были по берегу геологические обнажения, Толмачев, как обычно, шел многие версты пешком.

Уточнение линии побережья нередко наталкивалось на серьезные трудности: «Здесь мы, можно сказать, запутались среди массы больших и малых озер, заливчиков, проточек, обширных болот и т.п. Сказать определенно, где нужно провести береговую линию, было очень трудно, и на нашей съемке мы показали здесь берег пунктиром» (там же, с. 55). Мученья с тундровыми речками закончились перед г. Каином, где горы приближаются к берегу... Среди нанятых для работы в экспедиции местных Толмачев особенно выделил чукчу Еманькау и его пасынка, которых он назвал «счастливым исключением». Они «отыскивали броды, где они были, помогали перевозить груз, следили за мной, когда я, осматривая обнажения на крутых берегах, обходил скалистые мысы морем вброд, помогали на таборе при остановке на ночлег и при движении дальше – словом, вели себя, как участники экспедиции, и притом совершенно бескорыстно, если не считать, что я их кормил и поил» (там же, с. 57).

3-го августа путешественники остановились на ночлег на левой стороне р. Чауна, а на следующий день утром были уже на продовольственном складе, где их целое лето ждали казак Киприянов и переводчик

Бережнов. Здесь Толмачев стал готовиться к зимнему путешествию: купил шкуры пыжиков для хорошей зимней одежды и замшу для чума. Переменчивая погода не позволила провести экскурсии по окрестностям, а для астрономических наблюдений надо было буквально караулить удобный момент.

16 августа Толмачев отправил на м. Шелагский ламутов и оленей под начальством Киприянова с небольшим грузом, оставив всех лошадей для себя и Кожевникова, а через три дня двинулись в дальнейший путь две тяжело груженные байдара под наблюдением Вебера и Бережнова...

Накануне их отъезда тяжело заболел конюх Шкулев. Работа торопила, и Толмачев решил ехать с Кожевниковым, оставив Шкулева на Чауне на попечение Румянцева. Теперь в его маленьком отряде был лишь один конюх, на которого приходилось «14 полудиких лошадей, отдохнувших за время более двух недель и наполовину забывших свою недолговременную выучку, и грузов на 8 лошадей» (там же, с. 62). Теперь и Толмачеву пришлось вести четыре вьючные лошади: «... мы потихоньку шли вперед, тем более, что южный и юго-восточный берег Чаунской губы низменны, и я мог всецело быть конюхом, не отвлекаясь на геологические работы» (там же, с. 63).

2 сентября экспедиция добралась до р. Янрагайвеям вблизи м. Шелагского. Нужно было позаботиться о зимних способах передвижения и закупить ездовых собак. Часть грузов и обширных естественно-научных коллекций была отправлена назад, к устью Колымы. Ко второй половине октября отряд прибыл к м. Рыркайпий (Северный), откуда Кожевников, отмороживший руки еще во время Хатангской экспедиции 1905 г., вернулся на Колыму, увозя собранные этнографические коллекции.

Толмачев с Вебером направились дальше, и 11 ноября добрались до м. Сердце-Камень. Из-за слишком больших расстояний, постоянных переездов и неблагоприятной погоды путешественникам пришлось почти прекратить съемку, которая до этого велась систематически. По этой же причине и геологические работы Толмачева «потеряли всякую систематичность и связность». К счастью, эта часть берега «являлась наиболее доступной для путешественника» и была ранее снята, и исследователям удалось дать отсутствовавшие астрономические пункты.

Здесь исследователи узнали, что на мысе уже побывал транспорт «Шилка», посланный Морским ведомством, который должен был принять участников экспедиции на борт еще в начале сентября и доставить в Санкт-Петербург. Не найдя Толмачева и его спутников, транспорт прошел в Северный Ледовитый океан, где встретил льды, повернул обратно и ушел в южные воды (Старокадомский, 1915. С. 66).

Путешественники отправились дальше, и 19 ноября прибыли в маленький русский поселок – пост Дежнев, где их радушно встретила небольшая русская колония. Здесь они прожили до 5 декабря – из-за постоянной пурги, болезни Вебера, и, главным образом, необходимости нанять новых собак, так как приехавшие с экспедицией чукчи сразу отправились обратно.

Планировалось, что Чукотская экспедиция Толмачева пойдет на восток от устья р. Колымы, обогнув Чукотский полуостров. Однако из-за огромных трудностей, с которыми встретились ее участники, маршрут был завершен у р. Большой Куропаточьей (СПФ АРАН. Ф. 47. Оп. 2. № 152. Л. 3.).

6 декабря Толмачев и Бережнов отправились в обратный путь. «Мы вполне подчинились чукотским порядкам, выезжали задолго до рассвета, ехали обычной дорогой. Все побережье теперь было нам знакомо и всюду и везде нас встречали дружелюбно» (Толмачев, 1911, с. 71). По пути Толмачев узнал о голоде, который Кожевников переживал вместе с местным населением в районе м. Шелагского. Кожевникову и догонявшему их с большим грузом Веберу были отправлены несколько нарт со свежими собаками.

11 февраля Толмачев выехал из Средне-Колымска. Обратный путь оказался чрезвычайно легким: путники повсюду встречали полное содействие, «не узнавая прежних ... якутов в предупредительных, услужливых содержателях станций. Теперь по всему тракту о проезде экспедиции из Колымска было разослано циркулярное предписание якутского губернатора, и все шло совершенно иначе» (там же, с. 14–15).

3 апреля, спустя 13 месяцев после отъезда, Толмачев и Кожевников вернулись в Санкт-Петербург. В августе, проделав путь через Владивосток, вернулся Вебер (там же, с. 82).

Итоги

Организационные дела не позволили Толмачеву сразу заняться обработкой результатов экспедиции. Поскольку интерес к полученным данным был огромный, Толмачеву пришлось много раз рассказывать об этом, начиная еще с обратного пути домой. «Насколько местные жители внимательно относятся к возможному в будущем пароходству видно из того, что Чукотская экспедиция, возвращаясь в феврале 1910 г. через Якутск, высказывала свои соображения о возможности торгового плавания вдоль Чукотского побережья в устье Колымы и о надеждах на осуществление такого плавания. 15-го же апреля, т.е. через полтора месяца после этого, несколько молодых коммерсантов в Якутске учредили уже торговое товарищество под фирмой «Колымско-Чукотское Товарищество» непосредственно под влиянием выводов Чукотской экспедиции...» (там же, с. 117).

М. Рыркайпий или Северный оканчивается двумя обособленными безымянными утесами, которые я назвал в честь моих товарищей по экспедиции — западный «утесом Кожевникова», восточный — «утесом Вебера», как это показано на прилагаемой выкопировке из нашей съемки. Утес Кожевникова изображен, кроме того, на рисунке 1 таблицы 11, где он снят, приблизительно, с юго-востока. М. Рыркайпий является важным насе-



Мыс Рыркайпий по съемке экспедиции. (В 1 дюйм 5 верст). А. П.—место астрономических наблюдений экспедиции.

Мыс Рыркайпий по съемке экспедиции (1 дюйм 5 верст). По: (Данилин, 1998)

Уже в 1911 г. состоялся первый рейс в устье р. Колымы из Владивостока, который по поручению Министерства торговли и промышленности совершил контр-адмирал П. Л. Троян на обыкновенном купеческом транспорте «Колыма» с казенным грузом из съестных припасов и продуктов первой необходимости.

События последних лет – Чукотская экспедиция, возобновление работ Гидрографической экспедиции Северного Ледовитого океана, рейс в устье Колымы из Владивостока – были настолько важны, что 3 декабря 1911 г. в Главном Гидрографическом управлении состоялось заседание, посвященное Северному морскому пути, на котором присутствовали министры и члены Государственного совета и Государственной думы. Толмачев в своем докладе подчеркнул значение Чукотской экспедиции, прямо связав ее с работами Гидрографической экспедиции Северного Ледовитого океана по отысканию Северного морского пути. Большую же часть выступления он посвятил необходимости скорейшего исследования Таймырского полуострова и описанию состояния обследованного им края (СПФ АРАН. Ф. 269. Оп. 3. № 6).

Толмачев с переводчиками на Чауне. Фото Кожевникова. По: (Толмачев, 1911)

Чукотская экспедиция И. П. Толмачева на посту Дежнева. Румянцев, Толмачев, Вебер, Кожевников у магазина т. д. И. Я. Чуринов и К. (1909 г.) Фото: СПФ АРАН: Ф. 1053 Оп. 2. № 47. Фото № 136



Кожевников за работой на берегах Чаунской губы (вверху). На ур. Койвейям. Приготовления к санной поездке. Фото И. Толмачева. По: (Толмачев, 1911)





Петляны в Картографическом Заведении Военно-Топогр. Отдела.

Помимо многочисленных выступлений, Толмачев, как руководитель экспедиции, занимался и рутинной работой: вел расчеты экспедиционных расходов, подсчитывал суммы на подарки ламутам, на подготовку к печати экспедиционных фотографий, карт, переписывание дневника и т.п. (СПФ АРАН. Ф. 1053. Оп. 2. № 4).

Не оставлял он и научную деятельность, а также научно-популярные труды, опубликовав за короткое время несколько важных работ. Но самое главное, в апреле 1911 г. он завершил и издал столь часто цитируемый Июль • 2014 • № 2(56)

выше рассказ о ходе экспедиции – «По Чукотскому побережью Ледовитого океана: предварительный отчет начальника экспедиции по исследованию побережья Ледовитого океана от устья Колымы до Берингова пролива, снаряженной в 1909 г. Отделом торгового мореплавания Министерства торговли и промышленности».

Это развернутое повествование, изобилующее и бытовыми подробностями, с большим числом уникальных фотографий, фактически представляло собой дневник экспедиции. Публикацию Толмачев осуществил за свой НАУКА из первых рук

счет, не для продажи, и просто дарил книгу заинтересованным лицам...

В этой работе значительная часть текста посвящена описанию быта экспедиции, той громадной, ежедневной, безостановочной организационной работе, которой занимался руководитель экспедиции: от найма и закупки продовольствия до доставки оборудования и собранных коллекций... О своих геологических исследованиях Толмачев словно просто не успевает писать, ограничиваясь краткими заметками: «... в ожидании товарищей решил начать геологические работы от НАУКА из первых рук

Отчетная карта Чукотской экспедиции И. П. Толмачева 1909—1910 гг. Опубликовано в предварительном отчете об экспедиции «По Чукотскому побережью Ледовитого океана» (СПб., 1911). Фонд Сектора картографии Библиотеки РАН, Санкт-Петербург

Маршрут экспедиции И. П. Толмачева по берегу Северного Ледовитого океана (вверху справа). По: (Данилин, 1998)

Средне-Колымска и, хотя бегло, но успел ознакомиться со строением берегов Колымы, вернее, ее правого берега, так как на всем этом протяжении левый берег низменный и сложен наносами» (Толмачев, 1911, с. 33, 64).

И тем не менее, научные итоги экспедиции оказались впечатляющими. Была проведена маршрутная съемка пятиверстного масштаба всего побережья от устья Колымы (маяк Лаптева) до мыса Чаплина, съемка от устья Большой реки до устья Чауна, через горы к западу от Чаунской губы. Съемка опиралась на 24 астрономических пункта; общая протяженность съемки – 2550 верст.

НЕОТЛОЖНОЕ РУССКОЕ ДЕЛО

«Грустно сознавать, что в пределах Енисейской губернии могут быть сделаны крупные географические открытия не русскими людьми, более трехсот лет владеющими Сибирью, но до сих пор не исправившими здесь карты. Исследование северного пути теперь, по-видимому, никем не считается теоретическим, лишенным всякого практического значения делом; по моему мнению, без исследования Таймыра нет и этого пути. Государственное значение Ледовитого океана было указано недавно во время последней войны, хотя еще Ломоносов мечтал о защите тихоокеанских берегов через Ледовитый океан. Теперь можно надеяться, что мечты эти рано или поздно осуществляются. Но есть другая ближайшая и важная цель, непосредственно связанная с организацией северного пути. Я говорю о поднятии благосостояния населения северной Сибири путем доставки туда дешевых товаров, что возможно сделать только морем.

Рассказывая о Чукотском полуострове, я умолчал об его населении, имея в виду сказать это теперь. Весь север Сибири заселен кочующими и бродячими инородцами. На Чукотском полуострове живут чукчи, заходящие западнее Колымы. В бассейне этой реки к ним присоединяются ламуты, а также ряд теперь почти уже вымерших племен. Ламуты сменяются к западу долганями и тунгусами, западнее Хатанги сменяющимися в свою очередь самоедами. Кроме того, по всему северу между Анабаром и Колымой живет немало якутов.

Русское население есть на Колыме, в устье Индигирки, Яны, Лены и на Енисее. На Хатанге, Анабаре и северном Енисее оно вымерло, как вымирает теперь на Индигирке.

Завоевание Сибири и отчасти заселение ее пошло северным путем, а сношения с Европой шли и морем, и русские и иностранные суда ходили в свое время до Енисея. Казаки-завоеватели и их потомки осели вдоль этого пути близко к северному побережью, находя это, очевидно, для себя выгодным. Но правительство вскоре запретило плавание по Ледовитому океану и направило все движение в Сибирь по южному Владимирскому тракту. Север сразу захирел, так

Также были определены астрономические пункты и коренным образом изменен рисунок береговой линии от устья р. Колымы до м. Дежнева (там же).

Полученные результаты Толмачев сравнивал с картами Врангеля, что еще раз доказывает, что других, более поздних картографических документов этой территории на тот момент попросту не существовало. Толмачев приложил к «Предварительному отчету...» обзорную «Отчетную карту Чукотской экспедиции 1909 г.», составленную по материалам экспедиции в Корпусе военных топографов, на которой были значи-

как должен был все необходимое ему получать с юга, что, при громадных расстояниях и безлюдности страны, даже теперь является очень трудной задачей. Первыми перевелись русские поселенцы, как наиболее неприспособленные, на наиболее отдаленных местожительствах. Инородцы, как люди натурального хозяйства, непосредственно пострадали мало, но пришлые люди привили им разного рода привычки, без которых жить стало уже трудно, как напр., без чаю и табаку, без которых не обходится ни один сибирский инородец, почему и на них уничтожение северного сообщения сказалось сильнее, чем можно было ожидать.

За исключением береговых чукчей, живущих восточнее Шелагского мыса и питающихся, главным образом, мясом [очевидно, речь идет о жире – прим. автора] морских зверей, все северо-сибирские инородцы являются оленеводами, за исключением бедноты или осевших около русских. Для всех них северная тундра – родная кормилица, и только на зиму они отходят к югу – в леса.

Все это население базируется исключительно на Сибирской железной дороге, и страшные расстояния от нее в чудовищных размерах увеличивают стоимость доставляемых на север продуктов с одной стороны, а с другой – совершенно не позволяют вывоза малоценных продуктов. Владивосток получает мясо из Австралии, а на берегу Ледовитого океана множатся многотысячные табуны оленей, которых здесь никто ни лечить, ни предупреждать не умеет. Ледовитый океан является естественной базой для инородцев при их натуральном хозяйстве. Естественно, чтобы он был базой и при их товарообмене, а это может сделать только правильная доставка товаров морским путем на северное побережье, где эти товары быстро вытеснят дорогие товары, идущие с юга.

Можно ожидать, что с регулярным появлением пароходов у берегов Ледовитого океана здесь увеличится и появится, где его нет, и русское население. Север вовсе не так беден, как думают, но жить там, опираясь только на далекую железную дорогу, очень трудно и дорого. Американцы с выгодой для себя обслуживают своими товарами восточную



Торговля М. Я. Кожевникова с чукчами (слева). Постплиоценовые пески на берегу океана, западнее Большой реки (справа). Фото И. Толмачева. По: (Толмачев, 1911)

часть Чукотского полуострова и деятельно пробираются на запад к Колыме, где несколько лет тому назад один из них получил даже исключительное право на торговлю, им, однако, не использованное. В силу этого, устройство торговых предприятий является не только промышленным, но и национальным государственным делом, затраты на которое не так уж велики, как кажется с первого взгляда. Если подсчитать, во что обходится почти ежегодная помощь, далеко недостаточная, голодающей Колыме, что стоит государству натуральное продовольствие здесь многочисленного относительного казачьего населения, продовольствие также неполное, и принять во внимание разницу в цене товаров, доставленных морем и сухопутьем, то в общем итоге приплата, да и то на первое время, будет невелика, а затем ее и вовсе не будет, и северные рейсы, снабжая население дешевыми и в достаточном количестве привозимыми товарами, не будет стоить государству ни копейки лишней.

Выступая в защиту северного морского пути, я счастлив сознавать себя не одиноким, так как знаю, что среди присутствующих есть лица, которым близка идея северного морского пути, знаю, что много сторонников его есть и за этими стенами. Все мы готовы по мере сил и знаний способствовать развитию этой идеи словом и делом, не щадя, если нужно, живота своего, и нас не пугают могилы, которыми усыян этот путь, но нам страшно равнодушие общества, бороться с которым труднее, чем с полярными условиями. Однако и здесь начинается уже, по-видимому, новая эра. На настоящем собрании общество присутствует в лице своих представителей, инициативе которых, в значительной степени, принадлежит и устройство самого собрания.

Дай Бог, чтобы интерес к северному пути не заглох, и чтобы общество смотрело на работы в этом направлении как на неотложное и русское дело. В этом наша вера, наша надежда, наша награда за понесенные труды и бывшие разочарования» (Толмачев, [1911], СПФ АРАН. Ф. 269. Оп. 3. № 6)

тельно изменены положение и форма береговой линии на всем пространстве от устья р. Колымы до Берингова пролива.

Были также получены данные о состоянии морских льдов и возможности плавания у этих берегов; описаны физико-географические особенности «Чукотской земли» (Толмачев, 1910), как некогда называлась часть северо-восточной Сибири восточнее р. Колымы. Почти на всем пути следования экспедиции были проведены геологические наблюдения, в том числе поднят вопрос о нефтяных месторождениях края.

Собранная Толмачевым петрографическая коллекция и палеонтологический материал, включающий остатки древесины из постплиоценовых отложений побережья Ледовитого океана, ископаемого лося и мамонта из тех же отложений и девонские окаменелости с рр. Колымы и р. Догдо поступили, как и коллекции, привезенные Г. Я. Седовым, в Геологический музей, часть их была вскоре каталогизирована и изучена.

Небыстрое движение экспедиционного каравана позволило Толмачеву «попутно» сделать и интереснейшие этнографические наблюдения, касающиеся быта и жизни ламутов и чукчей, их обычаях, семейном укладе, торговых отношениях, в том числе с американцами. В результате он сделал вывод о необходимости наладить ввоз русских товаров и торговые рейсы между Владивостоком и Колымой, которые послужат «не для усиления, а для восстановления русского влияния и приобщения этого далекого края к культурной жизни», но без коренной ломки местного, сложившегося в течение столетий у чукчей образа жизни, отлично приспособленного к местным условиям (Толмачев, 1911, с.104).

Почвенные льды на берегу океана у Большой реки.
Фото И. Толмачева
По: (Толмачев, 1911)

Время Советов

После завершения экспедиции Толмачев готовил к публикации материалы экспедиции – проект подробного, с дневниковыми записями отчета сохранился в СПФ АРАН. (Ф. 1053. Оп. 2. № 3). Научные результаты экспедиции и развернутый отчет с пространственным историческим обзором, обширной библиографией он собирался опубликовать позднее, однако осуществлению этих планов помешала Первая мировая война, а затем события, последовавшие за Октябрьским переворотом 1917 г. В 1922 г. Толмачев эмигрировал в США, навсегда покинув родину, а научные результаты Чукотской экспедиции оставались невостребованными до середины 1920-х гг.

В переписке с сыном, географом и исследователем Севера А. И. Толмачевым, эмигрант Толмачев нередко упоминал о необходимости завершения обработки результатов экспедиции и их публикации. Тем временем обработкой астрономических определений экспедиции занялся видный советский геодезист и гидрограф В. В. Ахматов, метеорологических – известный гидрометеоролог Л. Ф. Рудовиц.

К 1924 г., когда эти работы были почти завершены, на I Всеякутском съезде советов возникла идея научного изучения территории республики Якутия, поднятия экономики и культуры ее народов. К секретарю этого съезда и обратился Кожевников с заявлением, в котором указал, что «в связи с предполагающейся деятельностью Якутской экспедиции РАН» опубликование трудов Чукотской экспедиции под руководством И. П. Толмачева, работы которой происходили исключительно в пределах теперешней Якутской республики, крайне необходимо.

Благодаря активным действиям постоянного представителя ЯАССР при Президиуме ВЦИК М. К. Амосова, Академия наук приступила к изданию трудов, касающихся изучения Якутской АССР, «во всех отношениях и до сих пор еще не изданных», в том числе и трудов Ленско-Чукотской экспедиции 1909 г. под руководством И. П. Толмачева и К. А. Воллосовича. Материалы Колымского отряда, которым руководил Воллосович, были опубликованы в 1930 г. и составили Том 15 «Трудов Комиссии по изучению Якутской АССР». Благодаря названию экспедиции – «Ленско-Колымская экспедиция 1909 г. под начальством К. А. Воллосовича» – их было уже практически невозможно связать с Чукотской экспедицией Толмачева.

Собрание планшетов Чукотской экспедиции, озаглавленное как «Чукотская экспедиция 1909–1910 гг. Альбом иллюстраций и карт», увидело свет лишь в 1935 г. как приложение к № 18 «Трудов Полярной комиссии». Ничего удивительного в этом нет, поскольку, как уже упоминалось, Толмачев фактически был инициатором

создания Полярной комиссии и ее секретарем вплоть до своего отъезда.

История этой публикации связана с интересной находкой, сделанной несколько лет назад в картографическом фонде Полярной комиссии в СПФ АРАН. Это – несколько десятков планшетов, на которых была изображена северная береговая линия от устья р. Колымы до северо-восточной оконечности Чукотского полуострова. Листы были в прекрасном состоянии, береговая линия показана подробно, нанесено множество местных географических названий, но дата ни на одном листе не проставлена (Красникова, 2012). Дальнейшие поиски показали, что эти карты действительно представляют собой обработанные результаты съемки, произведенной военным топографом М. Я. Кожевниковым и геодезистом Э. Ф. Вебером во время Чукотской экспедиции 1909–1910 гг. под руководством геолога И. П. Толмачева.

Сведения о том, когда были напечатаны эти планшеты, удалось получить, обратившись к составленному штабс-капитаном Б. Эвальдом «Указателю картографических материалов Северного Ледовитого океана (от Норд-Капа до мыса Дежнева) с 1734 по 1914 г. хранящихся в Депо морских карт и книг Главного Гидрографического управления (составлен в хронологическом порядке)», который вышел в 1917 г.. Этот указатель был первым в серии, задуманной для желающих заняться детальным изучением какого-либо водного бассейна России, и содержал сведения обо всех картографических материалах, касающихся Северного Ледовитого океана до 1914 г.

Оказывается, в Депо морских карт также имелись экземпляры этих планшетов: «№ 546. Копии планшетов экспедиции по исследованию побережья Сев. Лед. Ок. от устья р. Лены до Берингова пролива под нач. И. П. Толмачева в 1909 г., литографированы...» (Эвальд, 1917). Этот факт позволяет высказать предположение, что обработка планшетов пришла на начало Первой мировой войны.

Почему же публикация этих планшетов оказалась актуальной в середине 1930-х гг.? Очевидно, потому что эти картографические материалы не потеряли своего значения и активно использовались для составления новых обзорных и подробных карт арктических территорий СССР. «Еще до вычерчивания маршрута, он был использован Главным Гидрографическим управлением для корректуры своих карт. Впоследствии маршрут добавлялся астрономическими пунктами, от чего, конечно, он уточнялся. В 1932 г. этот маршрут был использован при составлении карты Якутской АССР» (Кожевников, 2012, с. 15). Отметим, что публикация планшетов состоялась после того, как карты с использованием их данных уже вышли из печати. Поэтому, вероятно, и потребовалось издание «первоисточника».

Материалы Чукотской экспедиции были использованы и на других составленных в те же годы картах советской Арктики.

Чрезвычайно неблагоприятные условия, в которых была снаряжена и прошла экспедиция, так ярко и подробно описанные И. П. Толмачевым, значительно изменили план ее работы. Вместо подробного исследования побережья «экспедиция свелась к проезду и исследованию береговой линии от Колымы до м. Дежнева» (Толмачев, 1911, с. 83). Но итоги экспедиции опровергают эту скромную оценку собственных результатов.

И вообще – можно ли было в тех условиях и в то время сделать больше? Ведь участникам экспедиции впервые удалось пройти непосредственно вдоль огромного по протяженности и сложнейшего по природным условиям участка побережья Северного Ледовитого океана. Среди самых важных итогов экспедиции – съемка одного из наиболее труднодоступных участков северной береговой линии России, позволившая существенно уточнить карты Арктики и получить дополнительные физико-географические сведения для обоснования возможностей плавания из Владивостока в устья северных рек.

Вилькицкий А. И. Краткий исторический обзор гидрографических работ по исследованию берегов Северного Ледовитого океана. (Сообщение ген.-лейт. А. И. Вилькицкого 3 дек. 1911 г.). СПб., 1911.

Врангель Ф. П. Путешествие по Северным берегам Сибири и по Ледовитому океану, совершенное в 1820, 1821, 1822, 1823 и 1824 гг. экспедицией, состоящей под начальством флота капитана лейтенанта Фердинанда фон Врангеля. СПб., 1841. 737 с.

Гарусова Л. Н. Российско-Американские отношения на Дальнем Востоке: история и современность (конец XVIII–XX): Исторический опыт. – Владивосток, 2001. 180 с.

Евгенов Н. И., Купецкий В. Н. Экспедиция века: Гидрографическая экспедиция Северного Ледовитого океана на судах «Таймыр» и «Вайгач» в 1910–1915 годах. СПб.: Российский государственный музей Арктики и Антарктики, 2012.

Красникова О. А. Геолог и палеонтолог И. П. Толмачев и Чукотская экспедиция 1909–1910 гг. // Люди великого долга. Петропавловск-Камчатский, 2009. С. 134–139.

Толмачев И. П. По Чукотскому побережью Ледовитого океана: предварительный отчет начальника экспедиции по исследованию побережья Ледовитого океана от устья Колымы до Берингова пролива, снаряженной в 1909 году Отделом торгового мореплавания Министерства торговли и промышленности: с отдельной картой, 11 таблицами и 1 картой в тексте. СПб.: Эконом. типо-лит., 1911. 151 с.

Работа выполнена при поддержке РГНФ (Грант № 14-03-00699)

«ИГУАСУ» — БОЛЬШАЯ ВОДА



Название южноамериканской реки Игуасу происходит от двух слов на языке индейцев гуарани: «у» – вода и «guazu» – большой. И действительно, выше этой полноводной реки, в 25 км от ее устья, находится один из самых грандиозных в мире водопадов. В этом месте Игуасу, разбиваясь на множество рукавов и при этом расширяясь до трех километров, низвергается с уступа высотой около 80 м многочисленными потоками, разделенными скалистыми островками. Сейчас в этом районе организованы аргентинский (провинция Мисьонес) и бразильский (штат Парана) национальные парки, внесенные в список Всемирного наследия ЮНЕСКО



ГЛУПОВ Виктор Вячеславович – доктор биологических наук, профессор, директор Института систематики и экологии животных СО РАН (Новосибирск), заведующий лабораторией патологии насекомых ИСиЭЖ СО РАН. Главный редактор «Евразийского энтомологического журнала». Автор и соавтор более 100 научных публикаций

Ключевые слова: национальный парк, водопады Игуасу, «Глотка дьявола», Кавеса де Вака, Конкиста.

Key words: national park, Iguacu Falls, "Devil's throat", Cabeza de Vaca, Conquista

Рассказы о райских местах, богатых сокровищами, нередко были основным стимулом для экспедиционных или военных походов. Наиболее ярко это проявилось в период Конкисы (от исп. conquista — завоевание), когда испанцы, а за ними и португальцы в XV—XVI вв. завоевывали Центральную и Южную Америку.

Одну из многочисленных испанских экспедиций возглавил известный конкистадор Альвар Нуньес Кавеса де Вака (это родовое имя дословно означает «Коровья голова»), ставший участником неудачной экспедиции во Флориду под руководством Панфило де Нарваэса (1528 г.). В результате череды неудач и кораблекрушений небольшая группа испанцев во главе с Кавеса де Вака попала в рабство к индейцам, где они познакомились со знахарством и шаманизмом. После многих мытарств Кавеса де Вака удалось вывести своих соотечественников на северо-запад Мексики, в Новую Галисию, уже колонизированную испанцами.

Комплекс водопадов Игасу представляет собой скальный амфитеатр шириной около 2,7 км, с которого низвергается почти три сотни отдельных водопадов. В одну секунду через водопады сбрасывается до 1800 м³ воды. Над водопадом постоянно нависают облака брызг, а шум воды разносится на несколько десятков километров

Так, через семь лет путешествий и приключений испанцы вернулись на родину. За это время Кавеса де Вака выучил как минимум шесть индейских языков и научился исцелять больных. У него появилось множество почитателей, считавших конкистадора «сыном солнца». Наконец, в 1539 г. король назначил его губернатором вновь открытых земель в Южной Америке вместо заболевшего Педро Мендосы, основателя Буэнос-Айреса. Также высочайшим повелением ему было предписано исследовать Ла Плату («Серебряную реку») – обширную речную систему, образованную слиянием рек Уругвай и Парана, растянувшуюся на 290 км от места слияния до Атлантического океана

Множество ярких радуг, то и дело возникающих над потоками падающей воды, – такая же неременная принадлежность водопадов Игуасу, как и стервятники, кружащие над ними в поисках трупов погибших животных и рыб



Теперь Кавеса де Вака не простой альгвасил и казначей экспедиции, он – один из достойнейших людей Испании, губернатор огромных территорий, открытых Себастьяном Каботом и Мендосой. Естественно, что и все вновь открытые земли также должны будут войти в состав его губернии. Мечтал ли прославленный конкистадор об открытии легендарной «земли золотого человека» – Эльдorado? Нам трудно судить об этом, но в период Конкисты почти все идалго и простые испанцы «...шли с крестом в руке и с ненасытной жадной

Самый крупный водопад Игуасу – «Глотка дьявола» (исп. Garganta del Diablo) – представляет собой U-образный обрыв шириной 150 м и вытянутый в длину более чем на 700 м. Он располагается на территории сразу двух государств – Аргентины и Бразилии

Водопады Игуасу окружают влажные джунгли, полные древесных стволов причудливой формы, обвитых лианами. А под пологом джунглей во влажных местах встречаются живые «клумбы» из красочных тропических бабочек



Розовый фламинго
(*Phoenicopterus roseus*)



Лазурная
разноцветная сойка
(*Cyanocorax caeruleus*)

Красный ибис
(*Eudocimus ruber*)



Красногрудый тукан
(*Ramphastos dicolorus*)



На бразильской стороне от водопадов Игуасу расположен поразительный Парк птиц в Фос-Ду-Игуасу. Здесь, в условиях, максимально приближенных к естественным, обитает свыше шестисот видов птиц, собранных со всей планеты. Многие вольеры по-настоящему огромны, и через некоторые из них проложены дорожки для посетителей, что позволяет добиться эффекта непосредственного общения с птицами

золота в сердце», как писал современник Колумба и автор «Истории Индии», епископ Бартоломе Лас Касас.

В 1541 г. Кавеса высадился со своим отрядом на небольшой остров у берега Южной Бразилии, где узнал, что испанцы были вынуждены оставить Буэнос-Айрес из-за постоянных нападений индейцев. Центр города был сожжен, а испанская колония переместилась вглубь материка, в Асунсьон, будущую столицу Парагвая.

Кавеса со своим отрядом поднялся по рекам Парана и Парагвай до Асунсьона. На этом пути, выше реки Игуасу, в 25 км от ее устья и были открыты одни из самых красивых и величественных в мире водопадов. Удивительно, но на самого «Коровью голову» водопады не произвели особенно сильного впечатления: Кавеса охарактеризовал их испанским словом considerable («значительный»), отметив, что «брызги высоко взлетают



В джунглях, окружающих водопады Игуасу, обитает множество бабочек, чья причудливая, хрупкая и недолговечная красота подчеркивает мощь и нескончаемую феерию красок и звуков падающих потоков. Слева – крупная бабочка-сова *Caligo martia* из семейства Brassolidae. На фоне сложнейшего узора нижней стороны крыльев выделяется большой темный круг со светлой каймой, напоминающий глаз совы. Такие «глаза» могут служить средством защиты от хищников.

над водой». К тому времени это был самый большой водопад, известный европейцам.

Чудо света

Комплекс водопадов Игуасу представляет собой впадину в виде амфитеатра во влажных джунглях шириной примерно в 2,7 км и включает в себя более 270 отдельных водопадов: вдоль своеобразной базальтовой подковы высятся многочисленные острова, разбивающие водопад на более мелкие потоки. Высота падения воды достигает 82 м, хотя высота основной массы водопадов – чуть больше 60 м.

Объем воды в водопадах варьирует в зависимости от количества осадков. Так, в 1978 г. водопад практически пересох, хотя в сезон дождей в окрестностях водопада может выпасть до 2000 мм осадков. Около 20 тыс. лет назад комплекс водопадов располагался практически у впадения р. Игуасу в р. Парану, которая считается самой длинной рекой в Аргентине. Но каждый год расстояние между водопадом и Параной увеличивается на 1–2 м в зависимости от обводненности реки.

Водопады находятся на границе аргентинского и бразильского национальных парков «Игуасу». Большинство водопадов (почти 2100 м шириной) расположено на территории Аргентины, меньшая часть (около 800 м шириной) – на территории Бразилии. Наиболее известные водопады имеют романтические названия: «Адам и Ева», «Три мушкетера», «Две сестры», «Сальто-Эскондидо» («скрытый прыжок»), «Сальто-Флориано» («прыжок цветка»), «Сан-Мартин», «Рамирес».



Саблекрылка
полосатая
(*Marpesia
chiron*)
из семейства
Nymphalidae,
получившая
свое название
из-за тигровой
окраски
и «хвостатой»
формы
крыльев

Благодаря необыкновенному узору на внутренней стороне крыла, напоминающему цифры, бабочки вида *Diaethria neglecta* получили еще одно название «88» или «89»

Водопады Игуасу — одно из наиболее посещаемых мест туристами в Южной Америке. Ежегодно здесь бывает 1,5–2 млн посетителей. Но национальные парки «Игуасу» славятся не только водопадами. Они расположены в особом экологическом регионе — «Атлантических лесах Прараны», уникальнейшем месте в мире, где на небольшой территории встречается пять типов леса.

Эти живописнейшие места дикой природы отличаются огромным биоразнообразием: здесь встречаются около 70 видов млекопитающих, 400 видов птиц, 40 видов рептилий, несколько сотен видов бабочек, 2000 видов растений, в том числе редкие и вымирающие виды. Например, исчезающий древесный вид аспидосперма многожилковая, которая за пределами парка практически полностью вырублена, редкий вид капустной пальмы, араукария и т.д. Из крупных животных нужно отметить ягуара и родственника пумы ягуарунди, оленей-мазамов, равнинного тапира, капибару,







носуху и др., а среди представителей летучих мышей – обыкновенного вампира. Поражает своим обилием пернатый мир, среди обитателей которого можно найти туканов, стрижей, южноамериканскую гарпию и многочисленные виды колибри.

Индейцы, некогда жившие в окрестностях водопадов Игуасу, создали много легенд об их возникновении. Все эти легенды объединяет схожий сюжет, в основе которого – любовь юноши и девушки, и их побег по реке от ревнивого божества. Разгневавшийся бог просто «разрезал» реку, и влюбленные разбились насмерть, упав в образовавшуюся пропасть. Девушка превратилась в скалу, а ее возлюбленный – в дерево. Так появился на свет удивительный водопад...

Так или иначе, но водопады Игуасу стали легендой наших дней: в 2011 г. по результатам всемирного конкурса они были признаны одним из семи природных чудес света.

В публикации использованы фото автора

Голубая хохлатая ворона (*Cyanocorax chrysops*)



Солнечный колибри Претра (*Phaethornis pretrei*). Слева вверху: большой тукан (*Ramphastos toco*)

ГОДОВЫЕ И ТЕМАТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКТЫ ЖУРНАЛА «НАУКА ИЗ ПЕРВЫХ РУК» (ПЕЧАТНАЯ ВЕРСИЯ)

**можно приобрести наложенным платежом
через Почту России (только на территории РФ), заполнив заявку:**

1. Прошу оформить покупку следующих комплектов/номеров журнала (выбрать нужное):

**При заказе ТРЕХ и более
номеров журнала –
СКИДКА 5%**

Годовые комплекты журналов по ЛЬГОТНОЙ цене:		На русском языке		На английском языке	
2005 г.	2 номера	100 руб.	<input type="checkbox"/>	3 номера	<input type="checkbox"/> 130 руб.
2006 г.	6 номеров	420 руб.	<input type="checkbox"/>	2 номера	<input type="checkbox"/> 100 руб.
2007 г.	6 номеров	480 руб.	<input type="checkbox"/>	7 номеров	<input type="checkbox"/> 490 руб.
2008 г.	6 номеров	540 руб.	<input type="checkbox"/>	6 номеров	<input type="checkbox"/> 480 руб.
2009 г.	6 номеров	700 руб.	<input type="checkbox"/>		
2010 г.	6 номеров	800 руб.	<input type="checkbox"/>		
2011 г.	6 номеров	900 руб.	<input type="checkbox"/>		
2012 г.	6 номеров	900 руб.	<input type="checkbox"/>		
2013 г.	6 номеров	900 руб.	<input type="checkbox"/>		
Коллекцию журналов по ЛЬГОТНОЙ цене: 52 номера		6040 руб.	<input type="checkbox"/>	18 номеров	1200 руб.

Тематические комплекты по ЛЬГОТНОЙ цене:			
№ 1 «Эволюция и происхождение жизни»	8 номеров	650 руб.	<input type="checkbox"/>
№ 2 «Археология»	20 номеров	2 280 руб.	<input type="checkbox"/>
№ 3 «История освоения Сибири: Великая Северная Экспедиция»	6 номеров	540 руб.	<input type="checkbox"/>
№ 4 «История науки»	26 номеров	2 970 руб.	<input type="checkbox"/>
№ 5 «Коренные народы Сибири»	12 номеров	1 170 руб.	<input type="checkbox"/>
№ 6 «Человек»	26 номеров	3030 руб.	<input type="checkbox"/>
№ 7 «Реактивные самолеты»	7 номеров	600 руб.	<input type="checkbox"/>

Отдельные номера журнала на русском языке:

2014 № 1 (55)	<input type="checkbox"/>	№ 2 (56)	<input type="checkbox"/>	160	
№ 4 (52)	<input type="checkbox"/>	160	№ 5-6 (53-54)	<input type="checkbox"/> 300	
2013 № 1 (49)	<input type="checkbox"/>	№ 2 (50)	<input type="checkbox"/>	№ 3 (51)	<input type="checkbox"/>
№ 4 (46)	<input type="checkbox"/>	№ 5 (47)	<input type="checkbox"/>	№ 6 (48)	<input type="checkbox"/> 160
2012 № 1 (43)	<input type="checkbox"/>	№ 2 (44)	<input type="checkbox"/>	№ 3 (45)	<input type="checkbox"/>
№ 6 (42)	<input type="checkbox"/>	№ 5 (41)	<input type="checkbox"/>	№ 4 (40)	<input type="checkbox"/> 160
2011 № 1 (37)	<input type="checkbox"/>	№ 2 (38)	<input type="checkbox"/>	№ 3 (39)	<input type="checkbox"/>
№ 1 (31)	<input type="checkbox"/>	№ 2 (32)	<input type="checkbox"/>	№ 3 (33)	<input type="checkbox"/> 150
2010 № 4 (34)	<input type="checkbox"/>	№ 5 (35)	<input type="checkbox"/>	№ 6 (36)	<input type="checkbox"/>
2009 № 1 (25)	<input type="checkbox"/>	№ 2 (26)	<input type="checkbox"/>	№ 3 (27)	<input type="checkbox"/> 130
№ 4 (28)	<input type="checkbox"/>	№ 5 (29)	<input type="checkbox"/>	№ 6 (30)	<input type="checkbox"/>
2008 № 1 (19)	<input type="checkbox"/>	№ 2 (20)	<input type="checkbox"/>	№ 3 (21)	<input type="checkbox"/> 100
№ 4 (22)	<input type="checkbox"/>	№ 5 (23)	<input type="checkbox"/>	№ 6 (24)	<input type="checkbox"/>
2007 № 1 (13)	<input type="checkbox"/>	№ 2 (14)	<input type="checkbox"/>	№ 3 (15)	<input type="checkbox"/> 90
№ 4 (16)	<input type="checkbox"/>	№ 5 (17)	<input type="checkbox"/>	№ 6 (18)	<input type="checkbox"/>

Цена одного номера, руб.

Отдельные номера журнала на английском языке					
2006 № 1 (7)	<input type="checkbox"/>	№ 2 (8)	<input type="checkbox"/>	№ 3 (9)	<input type="checkbox"/> 80
№ 4 (10)	<input type="checkbox"/>	№ 5 (11)	<input type="checkbox"/>	№ 6 (12)	<input type="checkbox"/>
2005 № 2 (5)	<input type="checkbox"/>	№ 3 (6)	<input type="checkbox"/>		60
2007 № 1 (13)	<input type="checkbox"/>	№ 2 (14)	<input type="checkbox"/>	№ 3 (15)	<input type="checkbox"/> 90
№ 4 (16)	<input type="checkbox"/>	№ 5 (17)	<input type="checkbox"/>	№ 6 (18)	<input type="checkbox"/>
2006 № 1 (6)	<input type="checkbox"/>	№ 2 (7)	<input type="checkbox"/>	№ 3 (8)	<input type="checkbox"/> 80
№ 4 (9)	<input type="checkbox"/>	№ 5 (10)	<input type="checkbox"/>	№ 6 (11)	<input type="checkbox"/>
2005 № 1 (4)	<input type="checkbox"/>	№ 2 (5)	<input type="checkbox"/>		60
2004 № 0 (1)	<input type="checkbox"/>	№ 1 (2)	<input type="checkbox"/>	№ 2 (3)	<input type="checkbox"/> 50

Цена одного номера, руб.

2. Ф. И. О. _____

3. Почтовый адрес:
Индекс _____ Город _____

Тел./факс _____ E-mail _____

Комплекты и отдельные номера журналов можно купить в редакции по адресу:

г. Новосибирск, ул. Золото долинская, 11, тел./факс: (383) 330-27-22, 330-26-67, e-mail: zakaz@infolio-press.ru

Отдельные статьи в формате PDF можно заказать на сайте: www.sciencefirsthand.ru

В стоимость покупки не входят расходы на доставку журналов

ПОДПИСКА ДЛЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ

Стоимость подписки на полугодие – 690 руб.
Стоимость подписки на год – 1380 руб.

● **Чтобы оформить подписку на 2014 г., заполните заявку:**

● **Оплатите** стоимость подписки в любом банке

Вышлите заполненную заявку и копию квитанции о переводе денег по адресу: **630090, г. Новосибирск, а/я 96. Редакция журнала «НАУКА из первых рук»**

или **отправьте по факсу:**
8 (383) 330-26-67

1. Прошу оформить подписку на журнал «НАУКА из первых рук» на первое, второе полугодие, год (нужное подчеркнуть)
Количество экземпляров _____

2. Ф. И. О. _____

3. Почтовый адрес:
Индекс _____

Тел./факс _____ E-mail _____

Копия квитанции об оплате от _____
прилагается (дата оплаты)

ИЗВЕЩЕНИЕ

Форма № ПД-4

Получатель платежа: ООО «ИНФОЛИО» ИНН 5408148073

Банк: ОАО «МДМ БАНК», г. Новосибирск, БИК 045004821

Счет получателя 40702810603120002214 К/с 3010181010000000821

Ф. И. О., адрес _____

Журнал «НАУКА из первых рук» Цена Кол-во Сумма

Платательщик **Всего**

Форма № ПД-4

Получатель платежа: ООО «ИНФОЛИО» ИНН 5408148073

Банк: ОАО «МДМ БАНК», г. Новосибирск, БИК 045004821

Счет получателя 40702810603120002214 К/с 3010181010000000821

Ф. И. О., адрес _____

Журнал «НАУКА из первых рук» Цена Кол-во Сумма

Платательщик **Всего**

Кассир

ИЗВЕЩЕНИЕ

Кассир

Вы также можете оформить подписку на сайте: www.sciencefirsthand.ru

В стоимость подписки включена доставка журналов заказной бандеролью

ПОДПИСКА для ЮРИДИЧЕСКИХ ЛИЦ

Стоимость подписки на полугодие – 690 руб.
Стоимость подписки на год – 1380 руб.



Чтобы оформить подписку на 2014 г., заполните заявку:

1. Полное наименование организации _____
 2. Юридический адрес _____
 3. ИНН/КПП _____
 4. Тел./ факс _____
 5. E-mail _____
 6. Контактное лицо (Ф.И.О. полностью) _____
 7. Ваши реквизиты для получения изданий по почте _____
Почтовый адрес (включая индекс) _____
 8. Получатель издания в организации (отдел, Ф.И.О.) _____
 9. Прошу выслать счет на подписку
журнала «НАУКА из первых рук» на первое, второе полугодие, год (нужное подчеркнуть),
количество экземпляров _____
- почтой факсом e-mail

и вышлите ее по адресу:

**Редакция журнала
«НАУКА из первых рук»
630090, г. Новосибирск,
а/я 96**

или отправьте по факсу:
8 (383) 330-26-67

или по e-mail: zakaz@infolio-press.ru

Счет на оплату будет выслан
в течение трех рабочих дней после
получения заявки

По всем вопросам обращаться:

Тел.: 8 (383) 330-27-22.

Факс: 8 (383) 330-26-67,

e-mail: zakaz@infolio-press.ru

Вы также можете оформить
подписку на нашем сайте:
www.sciencefirsthand.ru
www.sibsciencenews.org

Платежные реквизиты:

ООО «ИНФОЛИО»,
ИНН 5408148073
КПП 540801001
Р/счет 407 02 810 603 120 002 214
в ОАО «МДМ БАНК»,
г. Новосибирск
Кор/счет 30101810100000000821,
БИК 045004821

Подписка по каталогам:

Каталог агентства
«Роспечать» (стр. 269):
индекс **46495**
Объединенный каталог
«Пресса России» (стр. 387):
индекс **42272; on-line: www.prensa-rf.ru**

Подписка on-line

Агентство «Деловая пресса»: www.delpress.ru
Интернет магазин «PRESS cafe»:
www.presscafe.ru
МК-периодика: www.periodicals.ru
Информнаука: www.informnauka.com





Колокольчик круглолистный (*Campanula rotundifolia* L.). Фото Е. Корюк

ISSN 18-10-3960

