



53

В 862 г. союз славянских и финно-угорских племен, проживавших на территории нынешней Новгородской области, заключил договор о защите своих городов и пашен с братьями-варягами. От старшего из них — Рюрика — произошел великокняжеский род, много веков правивший нашей страной. Поэтому тот год стал точкой отсчета зарождения отечественной государственности.

89

На высоком правом берегу Волги стоит один из красивейших старинных городов России — Чебоксары, столица Республики Чувашии, которую часто называют «страной ста тысяч вышивок». Изделия местных мастериц отличаются изяществом, филигранностью, сочетанием крупных и мелких рисунков, геометрических и растительных мотивов.



61

Крупный специалист в области электрических машин, доктор технических наук Натан Явлинский (в центре), 100-летие со дня рождения которого научная общественность отметила в начале 2012 г., вошел в историю термоядерных исследований как один из создателей токамака.



Белые киты, или белухи, ведут стадный образ жизни и мигрируют на огромные расстояния вдоль всего арктического побережья. Их перемещения во многом исследуют специалисты Постоянно действующей экспедиции РАН по изучению животных Красной книги РФ и других особо важных животных России. Им помогают, в том числе, спутниковые радиомаяки системы ARGOS, которые дают информацию об изменении температуры воды, присутствии льда, морских течениях, о наличии рыбы. В результате ученым удастся глубже понять причины, заставляющие гигантских млекопитающих пускаться в дальние путешествия, а значит, узнать больше о среде их обитания и предложить рекомендации по их охране.

Редакция осуществляет продажу отдельных номеров журнала и подписку на него

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

Издательство «Наука»: 117997,
ГСП-7, Москва, В-485,
Профсоюзная ул., 90

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

Свидетельство о регистрации
№ 014399 от 26.01.1996 г.

Подписано в печать 06.07.2012.
Заказ № 1429

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



СОДЕРЖАНИЕ

ПРОБЛЕМЫ. ПОИСК. РЕШЕНИЯ

Филоненко Е. Флуоресцентная диагностика и фотодинамическая терапия в онкологии	4
Моисеенко Т., Шалабодов А., Гашев С. Качество сибирских вод.....	13
Сирин А., Рысин Л., Гульбе А. Как меняются наши леса	20

С МЕСТА СОБЫТИЙ

Сидорова Е. Биотопливо и энергия для развития страны.....	28
------------------------------------------------------------------	----

ИННОВАЦИИ. НАНОТЕХНОЛОГИИ

Хализева М. Газоанализаторные датчики «Оптосенса»	38
----------------------------------------------------------------	----

ТОЧКА ЗРЕНИЯ

Кутлунина Н., Князев М. Эволюционный потенциал клональных видов: миф или реальность?	45
---------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ГОД РОССИЙСКОЙ ИСТОРИИ

Пчелов Е. Юбилей российской государственности.....	53
-----------------------------------------------------------	----

ВРЕМЕНА И ЛЮДИ

Стрелков В. Создатель токамака	61
Базанова О. «Сердце Волги»	89

У НАС В ГОСТЯХ

Чумаков П. Выход за пределы возможного: проект «Геном человека»	72
------------------------------------------------------------------------------	----

ИСТОРИЯ НАУКИ

Маркин В. Русские полярные экспедиции 1912–1914 годов	80
--------------------------------------------------------------------	----

РАЗМЫШЛЕНИЯ НАД КНИГОЙ

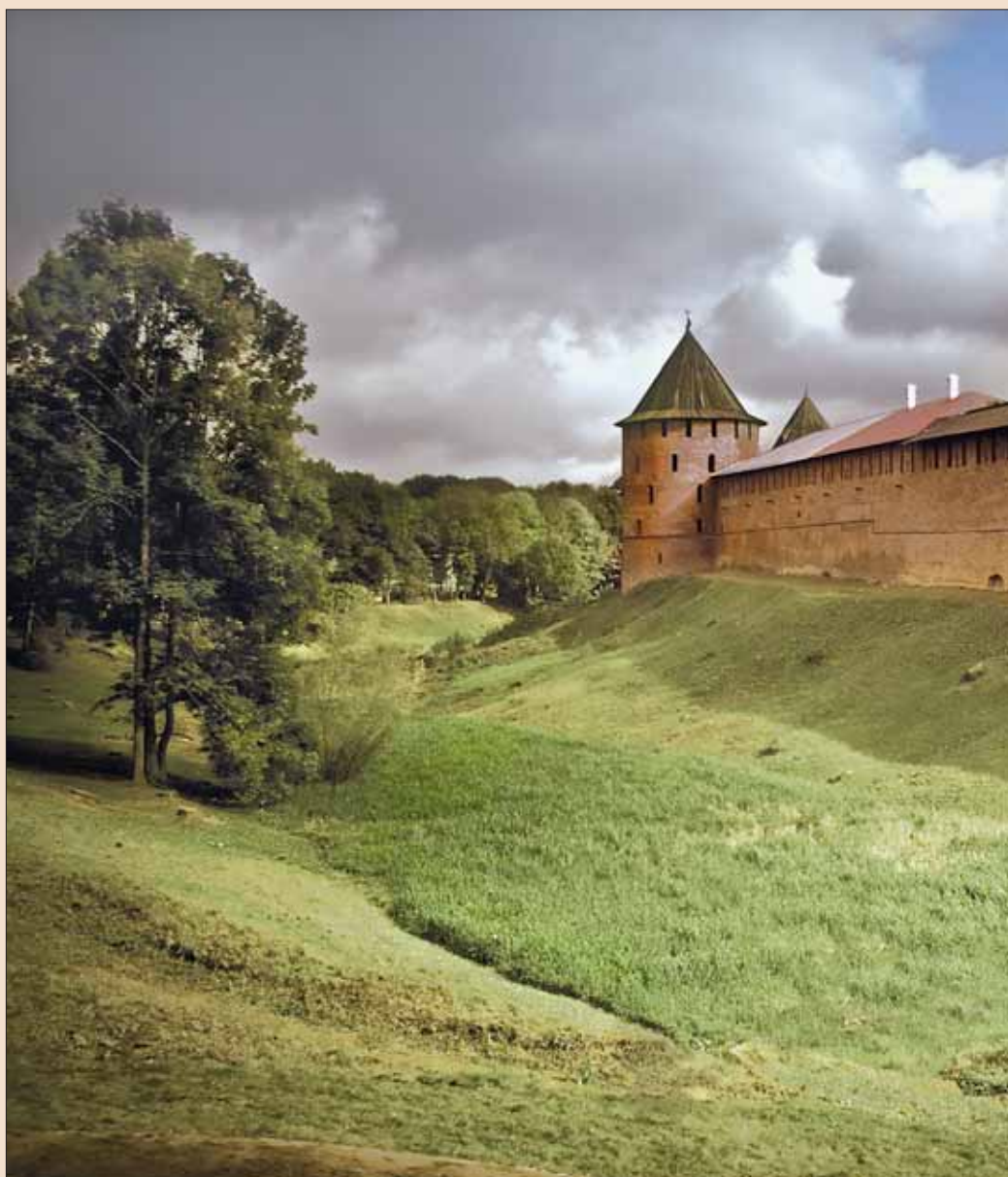
Булатов В. Первый атлас Сибири	97
---------------------------------------------	----

НАШ ДОМ — ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

Рожнов В. Живая Арктика: элементы «мозаики»	107
----------------------------------------------------------	-----

ПАНОРАМА ПЕЧАТИ

«Биос-3»: новый эксперимент	10
Электронный холодильник для протонов	32
Жидкие кристаллы: от телевизора до антибиотиков	35
ТВС-квадрат для реакторов западного дизайна.....	41
Геодинамическая безопасность	68
Исследования на «Вулканологе»	104



Прошлое нашей Родины, подчас противоречивое, нередко драматичное, славно подвигами народа, именами его великих сынов. Не случайно 2012 г., щедрый на юбилеи многих судьбоносных событий, указом Президента РФ объявлен Годом российской истории. О некоторых эпизодах, связанных с важнейшими из этих памятных дат, — 1150-летием зарождения отечественной государственности (призвание славянскими и финно-угорскими племенами для защиты своих городов и пашен варяга Рюрика с дружиной), 400-летием освобождения Москвы от польских интервентов, 200-летием Отечественной войны 1812 года — мы расскажем в нашем журнале.

ФЛУОРЕСЦЕНТНАЯ ДИАГНОСТИКА И ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ В ОНКОЛОГИИ

Доктор медицинских наук Елена ФИЛОНЕНКО,
руководитель отделения реабилитации
Московского научно-исследовательского онкологического
института им. П.А. Герцена

**Всемирная организация здравоохранения констатирует
продолжающийся рост смертности от онкологических заболеваний.**

**При этом во многих странах, в том числе и в России,
лишь ничтожная часть злокачественных новообразований распознается
на самых ранних стадиях, когда борьба с опухолью наиболее эффективна.**

**Вот почему разработка и внедрение
высокотехнологичных методов ранней диагностики и лечения рака —
актуальная проблема современной медицины.**

**В числе таких новых подходов — флуоресцентная диагностика
и фотодинамическая терапия злокачественных опухолей,
уже доказавшие свою результативность.**

Хотя в медицинскую практику они вошли лишь в последние десятилетия, после изобретения и освоения лазерной техники, сама концепция использования фотохимических свойств различных видов лекарственных средств насчитывает не одно столетие. Эти свойства использовали, например,

много веков назад в Индии, Египте и Китае при лечении витилиго — заболевания, проявляющегося нарушением пигментации на отдельных участках кожного покрова.

В чем же суть фотодинамического воздействия как такового? Оно основано на способности ряда лекар-



Сеанс фотодинамической терапии больного раком кожи головы.

ственных препаратов (фотосенсибилизаторов) избирательно накапливаться в опухолевой ткани и при взаимодействии с излучением света инициировать (в зависимости от длины волны и мощности излучения) два варианта ответа: флуоресценцию (фотолюминесцентное свечение длительностью 10^9 – 10^6 с), либо повреждение и/или разрушение структур опухолевых клеток за счет запуска цепи фотохимических реакций в присутствии кислорода. Здесь следует пояснить, что фотосенсибилизаторы — это вещества, способные поглощать свет и индуцировать в биологических тканях химические реакции, которые в их отсутствие не происходят.

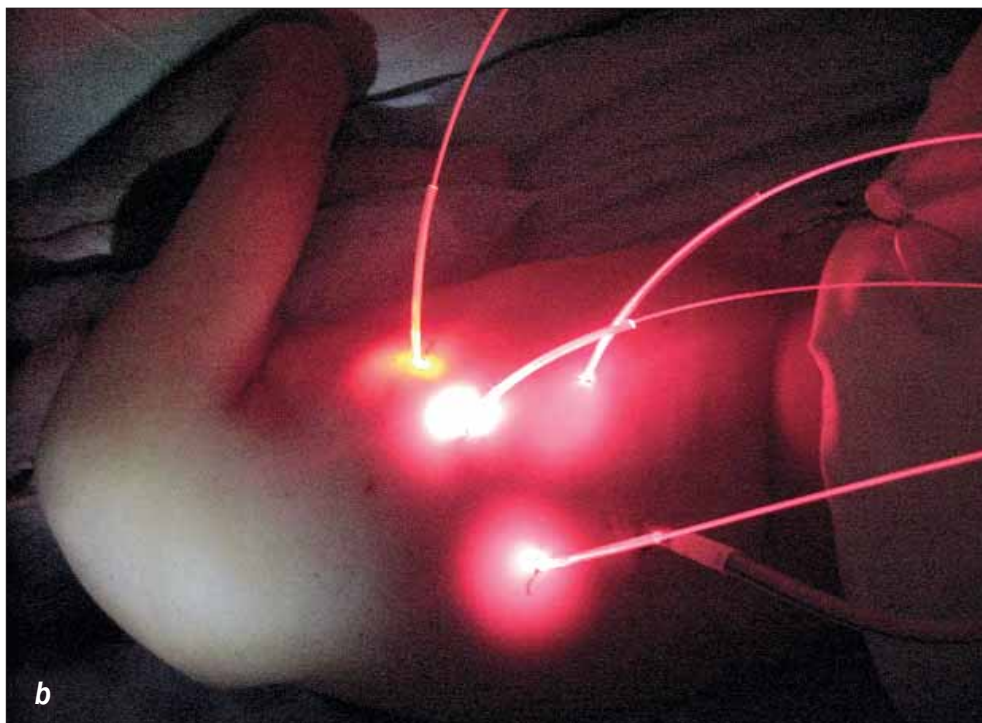
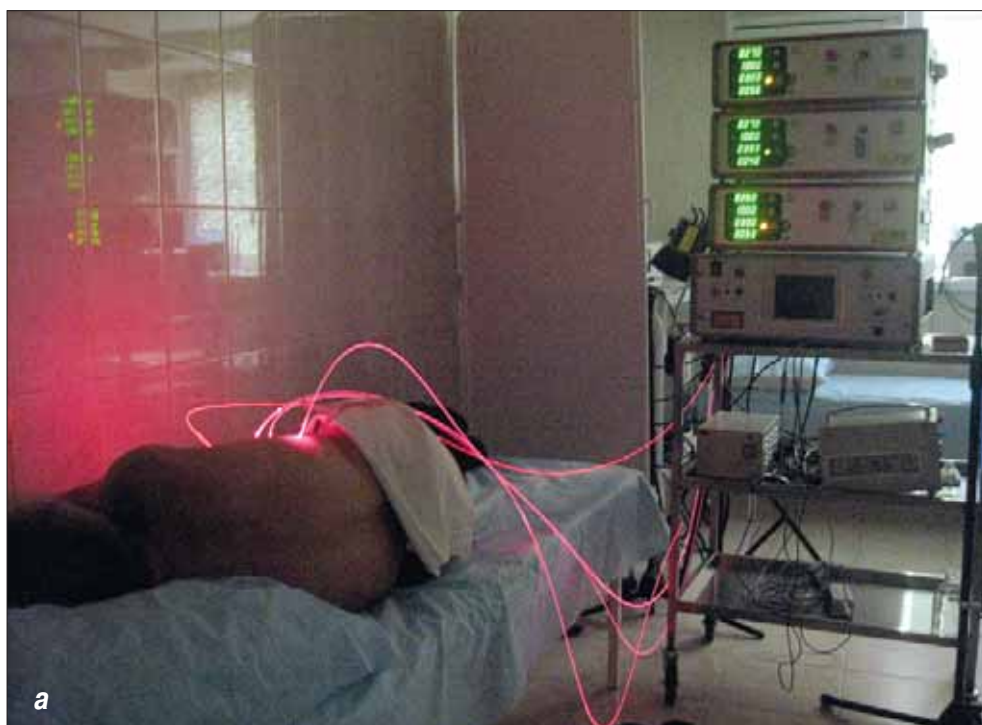
Первое детальное описание эффекта химической фотосенсибилизации биоткани содержалось в работе Оскара Рааба, опубликованной в 1900 г., — ее принято считать своего рода точкой отсчета современного научного и экспериментального подхода к изучению этого явления. Будучи студентом-медиком и проводя руководством профессора Германа Топайнера, он установил, что парамеции (инфузории-туфельки), помещенные в раствор низких концентраций акридино-

вого или других красителей, химически инертных в темноте, погибают при последующем их облучении солнечным светом. Топайнер высоко оценил это открытие, высказав предположение, что эффект найдется применение в медицине, а позднее инициировал развитие данного направления. Он же ввел широко используемый до настоящего времени термин «фотодинамическое действие».

В 1903 г. Топайнер совместно с Альбертом Джессо-ном из Мюнхенской дерматологической клиники опубликовали результаты применения красителя эозина и света при лечении герпеса, псориаза и рака кожи. Двумя годами позже эти же исследователи наряду с эозином использовали в качестве фотосенсибилизатора еще один краситель — флуоресцеин.

Последующее изучение фотодинамического эффекта (окисления биологически важных молекул под влиянием видимого света в присутствии молекулярного кислорода и фотосенсибилизатора) привело к развитию нового направления в медицине — фотодинамической терапии (ФДТ) злокачественных опухолей.

В 1920-е годы среди многих особенностей злокачественных новообразований была отмечена их способ-



**Сеанс внутривидеальной
фотодинамической терапии
больного с метастатическим
поражением плевры,
осложненным специфическим
плевритом (a, b).**

ность накапливать порфирины*, проявляющие флуоресцирующие свойства под воздействием ультрафиолетового излучения. Важным шагом на пути к созда-

*Порфирины — пигменты, широко распространенные в живой природе. В составе гемоглобинов, миоглобинов, цитохромов, хлорофиллов и витаминов участвуют в важнейших биологических процессах (прим. ред.).

нию новых методов диагностики и терапии рака явилось наблюдение, сделанное в 1924 г. Альбертом Поликардом (Франция): в опухолях животных могут накапливаться эндогенные порфирины, обладающие способностью флуоресцировать при облучении светом видимой части спектра. В 1942 г. немецкие исследователи Аулер и Банцер зафиксировали красную флуоресцен-

цию в первичной опухоли и метастазах у крыс после подкожного и внутримышечного введения гематопорфирина (вид порфирина, образующийся в процессе метаболизма гемоглобина).

Современный этап поиска начался в 1960-е годы с исследований Самуэля Шварца, а также Ричарда Липсона и его коллег (США), показавших: после введения онкологическим больным производного гематопорфирина, полученного путем ацетилирования и восстановления порфириновой смеси, можно регистрировать флуоресценцию опухолей. Широкое клиническое применение ФДТ в онкологии началось в 1978 г., когда Томас Догерти (США) сообщил о позитивных результатах такого способа лечения у 25 больных с первичными, рецидивными и метастатическими опухолями кожи.

В нашей стране, несмотря на многолетние экспериментальные исследования, обсуждаемый подход получил развитие в клинике только с 1992 г., когда доктор химических наук Андрей Миронов из Московского института тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова (ныне академия) создал лекарственную форму первого отечественного фотосенсибилизатора — фотогема, относящегося к группе производных гематопорфирина. Клинические испытания препарата проводили на базе нашего института и Государственного научного центра лазерной медицины.

В 1994 г. начались клинические испытания фотосенсибилизатора второго поколения — фотосенса (сульфированный фталоцианин алюминия), разработанного в московском Научно-исследовательском институте органических полупродуктов и красителей членом-корреспондентом РАН Георгием Ворожцовым и доктором химических наук Евгением Лукьянцем. В 1999 г. начато применение в клинике разработанного ими препарата, синтезированного на основе 5-аминолевулиновой кислоты — аласенса. В 2002 г. — препарата, синтезированного на основе хлорина Е6 — радахлорина (московское ООО «Рада-Фарма», кандидат химических наук Андрей Решетников), а в 2004 г. — фотодитазина (ООО «Вета-Гранд», доктор химических наук Гелий Пономарев, Институт биомедицинской химии им. В.Н. Ореховича РАН, Москва).

В нашем институте эксперименты в области флуоресцентной диагностики и фотодинамической терапии были начаты около 30 лет назад, и в 1984 г. доложены первые их результаты. Клинические исследования ведутся с 1992 г. и к настоящему времени разработаны методики лечения на основе упомянутых препаратов, подготовлены пособия для врачей и программа обучения специалистов. Отметим: внедрению этих новых подходов способствовало создание отечественной диагностической и терапевтической аппаратуры. За прошедшие годы в нашей клинике прошли флуоресцентную диагностику и лечение с использованием фотодинамической терапии несколько тысяч пациентов с различными стадиями и локализациями опухолевого процесса.

Очень важно, что ФДТ можно применять для борьбы со злокачественными новообразованиями как самостоятельный метод, так и в сочетании с традиционными видами воздействия (хирургическое, лучевая и химиотерапия). Комбинированная терапия способствует улучшению результатов радикального и паллиативного (облегчающего проявления болезни) лечения наиболее тяжелых групп онкологических больных. В зависимости от стадии, характера и формы роста опухоли для повышения эффективности лечения разработаны различные варианты лазерного облучения: одно- и многопозиционное, инвазивное и неинвазивное внутритканевое и др.

Как уже говорилось, ФД и ФДТ основаны на введении в организм пациента фотосенсибилизаторов, избирательно накапливающихся в опухолевой ткани и при световом, в частности лазерном, воздействии приводящих либо к излучению кванта света, вследствие чего можно регистрировать их флуоресценцию, либо продуцировать образование цитотоксических веществ, прежде всего синглетного кислорода ($^1\text{O}_2$)* и других активных радикалов, накопление которых приводит к разрушению жизненно важных структур опухолевых клеток и их гибели. Кроме прямого фототоксического воздействия на злокачественные клетки при ФДТ в механизме деструкции важную роль играют: нарушение кровоснабжения пораженной ткани вследствие повреждения эндотелия и тромбоза кровеносных сосудов; реакции с участием цитокинов (сигнальных молекул), обусловленные стимуляцией продукции фактора некроза опухоли, интерлейкинов**, активацией макрофагов и лейкоцитов.

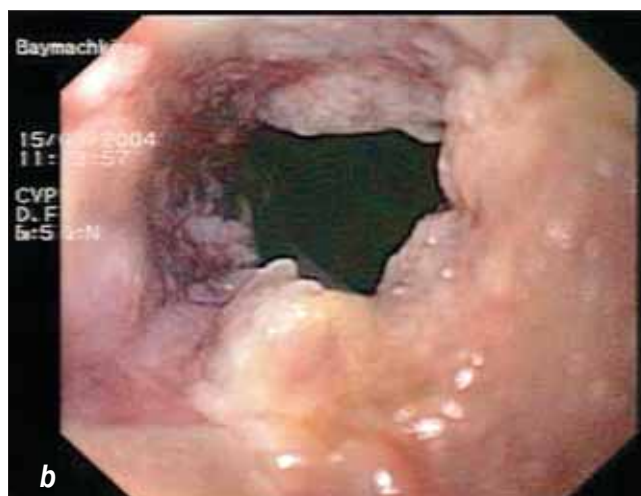
Изучению иммуномодифицирующего и стимулирующего механизмов ФДТ в последние годы уделяется повышенное внимание. И опыт, накопленный в нашем институте, показал, что указанный метод обладает свойством стимуляции нейтрофильного звена и ряда других показателей иммунитета.

Таким образом, ФД и ФДТ характеризуются многоэтапной процедурой проведения сеансов диагностики и лечения, а также многокомпонентными ответами при реализации терапевтического воздействия, что потребовало от специалистов разработки новых подходов к изучению фотосенсибилизаторов в клинике.

Для определения оптимальных режимов флуоресцентной диагностики и фотодинамической терапии с применением отечественных фотосенсибилизаторов различных классов в нашем институте предложена соответствующая программа. В соответствии с ее этапами, в частности, изучена кинетика тканевого и внутритканевого распределения данных препаратов у онкологических больных, что позволило оптимизировать лечебные методики, более точно опреде-

*Синглетный кислород — активная форма молекулярного кислорода, легко вступающая в окислительно-восстановительные реакции (прим. ред.).

**Интерлейкины — группа цитокинов, синтезируемая в основном лейкоцитами; являются частью иммунной системы (прим. ред.).



Фотодинамическая терапия рака пищевода:
a — до лечения; b — восстановление просвета пищевода после лечения.

лить мишени воздействия, ибо реализация эффектов ФДТ напрямую зависит от того, в каких структурах опухолевого узла препарат накопился во время проведения сеанса. Так, наличие фотосенсибилизатора в раковых клетках вызовет их прямое повреждение, накопление же в богатой сосудами строме опухоли — ишемический некроз вследствие тромбоза и разрушения сосудов. Для правильного планирования методик ФДТ необходимо решить данные вопросы, что нам и удалось.

Было показано: препарат фотогем максимально накапливается в опухолевой ткани через 24–48 ч после внутривенного введения. При этом будет преобладать ишемический некроз вследствие того, что фотосенсибилизатор накапливается в богатой сосудами строме опухоли в большем количестве, чем в опухолевых клетках. Данные о невысоком содержании препарата в стенке неизмененных сосудов свидетельствуют о малом риске развития ишемической патологии здоровых тканей в границах зоны светового воздействия при использовании стандартных режимов лазерного облучения.

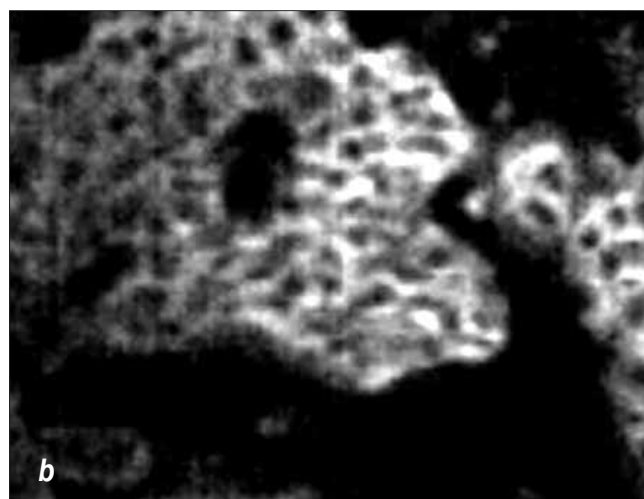
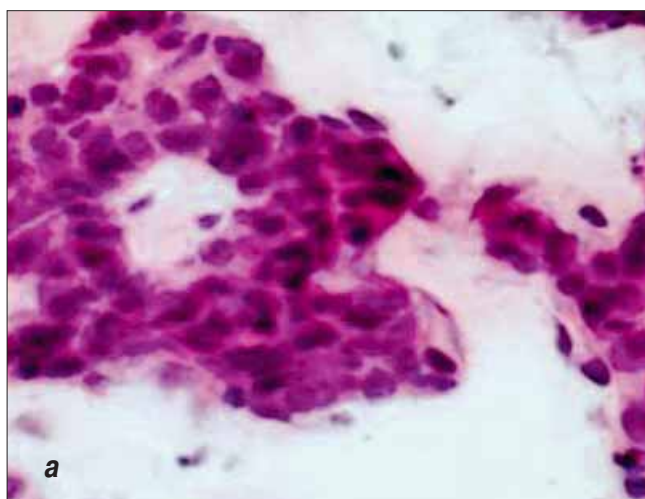
А вот в результате ФДТ с препаратом фотосенс преобладает ишемический некроз опухоли. Максимальные уровни его флуоресценции в упомянутых структурах зарегистрированы через 2–8 ч после его внутривенного введения, что обуславливает наибольшее повреждение новообразования при проведении фотодинамической терапии в этот период времени. Наличие значительного количества фотосенса в соответствующих структурах на протяжении недели после внутривенного введения свидетельствует о возможности сеансов ФДТ в эти сроки после однократного введения препарата. Одинаковое же содержание фотосенса в опухоли и стенке неизмененных сосудов рядом с зоной опухолевого роста через 1–2 ч после введения может привести к повреждению сосудов и ишемическим изменениям тканей в границах поля лазерного облучения при терапии в данный срок.

Показано также, что при ФДТ с препаратами на основе хлорина Е6 преобладает ишемический некроз опухоли. При этом оптимальное время сеанса — 3–8 ч после внутривенного их введения, так как в этот период содержание их в злокачественных структурах максимальное. Практически одинаковое присутствие фотосенсибилизатора в опухоли и стенке нормальных сосудов через 3–4 ч после внутривенного введения чревато повреждением последних в границах всего поля лазерного облучения и ишемическими изменениями здоровых тканей.

Нами было установлено также, что аласенс-индуцированный протопорфирин IX (ППИХ) является единственным фотосенсибилизатором, который накапливается преимущественно в клетках опухоли, следствием чего является прямое цитотоксическое воздействие при проведении ФДТ.

Таким образом, предложены методические подходы к разработке медицинских технологий: определены оптимальные сроки проведения диагностики и терапии с каждым из фотосенсибилизаторов. Было показано: одни (фотогем, препараты на основе хлорина Е6, аласенс-индуцированный ППИХ) быстро выводятся из опухолевой ткани, вследствие чего их можно использовать для проведения однокурсовой или многокурсовой ФДТ, а другие (фотосенс) длительно задерживаются в ней, что позволяет проводить повторные сеансы после однократного введения препарата. Выяснено, какие эффекты реализуются при проведении ФДТ с различными препаратами — непосредственное разрушение опухолевых клеток или ишемический некроз вследствие распада богатой сосудами стромы опухоли. С учетом полученных данных были разработаны запатентованные методики ФД и ФДТ, явившиеся основой соответствующих медицинских технологий. Результаты применения показали их высокую эффективность.

При лечении предрака и рака первой стадии полная регрессия достигнута у больных злокачественной



Микрофотограммы тканей базальноклеточного рака через 2 ч после приема больным аласенса внутрь:
a — гистологическое исследование, окраска гематоксилин-эозином;
b — флуоресцентная микроскопия, флуоресценция аласенс-индуцированного протопорфирина IX в клетках базальноклеточного рака.

опухолью слизистой оболочки полости рта и языка — в 64,4% наблюдений, раком желудка — в 72,6%, пищевода — в 77,1%, у больных центральным раком легкого — в 86,5%, раком кожи — в 99,6–100%, шейки матки — в 84–100%.

Эти же медицинские технологии при применении в качестве адъювантной (дополнительной) терапии или интраоперационного воздействия показали эффективность у больных с высоким риском местного рецидивирования опухоли после хирургического вмешательства. Так, в группе больных с метастатическими опухолями головного мозга после хирургического лечения с интраоперационной ФД и ФДТ продолженный рост метастаза в срок от 1 до 6 мес. диагностирован в 4,2% наблюдений (в контрольной группе — в 30,3%); в группе больных с неорганными забрюшинными опухолями частота рецидивов после хирургического лечения с интраоперационной ФДТ составила 12% (при обычной частоте рецидивов до 50–80%).

Разработанные технологии паллиативной ФДТ позволили улучшить качество и увеличить продолжительность жизни наиболее сложной категории онкологических больных. При применении пролонгированной ФДТ у пациентов с внутрикожными метастазами рака молочной железы и меланомы полная регрессия опухолей получена в 39,3 и 38% наблюдений соответственно, частичная — в 46 и 52,4%. Многокурсовая ФДТ помогла восстановить естественный режим питания у 100% больных стенозирующим раком пищевода.

Технологии флуоресцентной диагностики с препаратом аласенс помогают уточнять границы опухолевого поражения при планировании хирургического лечения и ФДТ, а также эффективно выявлять скрытые очаги раннего первичного и поверхностного рецидивного рака кожи и слизистой оболочки полых

органов (пищевода, желудка, мочевого пузыря и т.д.). Чувствительность диагностики с аласенсом, например, в группе больных с опухолями верхних дыхательных путей составила 100%, с опухолями верхних отделов пищеварительного тракта — 96%. При этом ФД позволила диагностировать скрытые очаги предрака, раннего рака и поверхностные рецидивы рака кожи — у 25,5% больных, верхних дыхательных путей — у 19,4%, скрытые очаги метастатического поражения плевры — у 57,2%, брюшины — у 15,5%.

Разработанные в нашем институте медицинские технологии ФД и ФДТ оказались востребованными в различных медицинских учреждениях. Подготовлена программа обучения специалистов. С 1995 по 2011 г. на нашей базе обучение прошли более 200 врачей из медицинских учреждений различных городов России, стран ближнего и дальнего зарубежья.

Для дальнейшего совершенствования метода фотодинамической терапии требуется поиск новых фотосенсибилизаторов, обладающих более высокой фотоактивностью, опухолетропностью, способностью к возбуждению в ближнем инфракрасном диапазоне спектра. А еще — создание высокочувствительной и надежной диагностической и терапевтической аппаратуры.

За разработку и внедрение медицинских технологий флуоресцентной диагностики и фотодинамической терапии в онкологическую практику коллектив авторов (руководитель Елена Филоненко) удостоен премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники за 2011 г.

Иллюстрации предоставлены автором

«БИОС-3»: НОВЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

На уникальной установке «БИОС-3» в Красноярске в июне 2011 г. стартовал международный микробиологический эксперимент. Об особенностях проекта рассказал Сергей Чурилов в газете «Наука в Сибири».

Как известно, бесконтрольное распространение микрофлоры в замкнутых пространствах может вызывать у человека различные заболевания, в том числе аллергические реакции, затрудненное дыхание, слезоточивость и т.п. Источниками являются не только микроорганизмы, но и их метаболиты в виде продуктов распада веществ, подвергшихся микробиологическому воздействию, споры микроорганизмов в воздушной среде. Такая ситуация опасна для людей, вынужденных длительное время контактировать друг с другом в изолированных помещениях, например в больницах, школах и других объектах. Но наряду с остальными особое значение приобретает формирование и распространение микрофлоры на космических станциях. Накопленный в рамках российских и международных космических программ опыт показал, что в условиях пилотируемых полетов микроорганизмы постоянно окружают человека. Они обнаруживаются в воздушной среде и на всех поверхностях внутри Международной космической станции (МКС). В период 13 основных и 11 экспедиций посещения было выделено 76 видов микроорганизмов, в том числе условно-патогенные бактерии и грибы, а также организмы-технофилы, вызывающие биокоррозию металлов.

Они могут повреждать приборные панели и другие полимерные покрытия, например изоляцию проводов, а в атмосферу выделяются нежелательные для человека токсины и газы.

Люди, продукты питания и оборудование — основные источники бактерий и вирусов, микробиологических загрязнений. В процессе различных космических полетов была выработана система санитарно-гигиенических мероприятий, предотвращающая негативное воздействие микробов на человека в замкнутой среде. Однако с увеличением продолжительности пребывания в космосе повышается риск возникновения инфекционных заболеваний и массового размножения микроорганизмов, приводящих к выходу из строя аппаратуры. Поэтому создание научно обоснованной системы противомикробной защиты является приоритетным направлением в обеспечении безопасной среды обитания экипажей космических кораблей и станций. Один из способов решения проблемы — предсказание характера распространения, численности и видового состава микрофлоры, прогнозирование воздействия на окружающую среду, включая человека, на специально оборудованных экспериментальных модулях, имитирующих подходящие условия.

Исследование этой проблемы началось в рамках проекта BIOSMHARS (Специфическое моделирование биозагрязнения в средах, относящихся к космосу). Цель его — моделирование распространения микрофлоры в изолированных гермообъемах,



Система «БИОС-3».

приближенных к объектам космического назначения. Европейские специалисты предложили в качестве подходящей среды использовать находящуюся в красноярском Институте биофизики СО РАН биорегенеративную систему «БИОС-3». На этой установке в 1970–1980-х годах впервые в мире были выполнены эксперименты по многомесячному пребыванию человека в герметичном изолированном пространстве с организацией круговоротного процесса, обеспечившего 100-процентное замыкание по газу и воде и более 50% — по пище. В настоящее время система «БИОС-3» модернизируется при поддержке СО РАН и Европейского космического агентства. Под руководством директора Института биофизики академика Андрея Дегерменджи и исполнительного директора Международного центра замкнутых экологических систем, доктора биологических наук Александра Тихомирова создается система нового поколения с глубоким замыканием массообменных процессов и автоматизацией систем измерения контроля с учетом международных стандартов.

В рамках международного проекта перед учеными Института биофизики поставлена задача создать в одном из герметичных модулей «БИОС-3» условия среды, по основным параметрам (температура, влажность воздуха, освещенность, скорость и направленность воздушных потоков) сходные с параметрами на МКС. Они должны измеряться и

контролироваться современными приборами с выходом данных в Интернет для их доступа участникам проекта в режиме online. Подготовленный модуль «БИОС-3» станет использоваться для физического моделирования распределения микрочастиц, имитирующих по размерам микроорганизмы, составляющие обычную микрофлору человека. Ответственные за эту часть работы — ученые из Центра технических исследований Финляндии.

Биологическая часть эксперимента заключается в том, что в установку будет подан аэрозоль с входящими в обычную микрофлору человека микроорганизмами того же размера, что и используемые ранее физические частицы. За эту часть эксперимента отвечают ученые из Университета Западной Финляндии и французские специалисты из Центра Кристофа Мерье. Подбор микроорганизмов и их последующее использование в «БИОС-3» осуществляют микробиологи из Института медико-биологических проблем РАН, длительное время успешно ведущие контроль микрофлоры на МКС.

В экспериментах планируется использовать коллекцию микроорганизмов с МКС, чтобы изучить особенности распределения в гермообъеме «БИОС-3» с учетом факторов среды и их последующий рост. Микробиологические исследования будут осуществляться учеными из отдела микробиологии Бельгийского центра по ядерным исследованиям, на основе которых создадут модель распространения



Испытатель на установке «БИОС-3».

микроорганизмов в гермообъеме с учетом его геометрии и внутренних факторов среды. Общая координация всех работ возложена на французский Институт космической физиологии и медицины.

В сентябре 2011г. в ИБФ СО РАН состоялось первое рабочее совещание по проекту с участием специалистов из Бельгии, России, Финляндии и Франции. Его целью стало ознакомление участников проекта с установкой «БИОС-3» и составление планов совместных работ. Директор Института биофизики СО РАН Андрей Дегерменджи в своем докладе подчеркнул, что «нынешний проект, направленный на поиск алгоритмов управления микробными сообществами в замкнутой среде, имеет важное практическое значение не только для космических полетов, но и для снижения микробиологических рисков в любых закрытых помещениях, где

находятся люди». Также он кратко рассказал о достигнутых в ИБФ СО РАН успехах в проблеме управления структурой проточных микробных сообществ через биофизические механизмы регуляции их численности и выразил надежду на дальнейшее сотрудничество с европейскими коллегами в области моделирования и оптимизации управления сложными микробными системами в будущем, и не только для условий космоса.

Чурилов С. Не только для космоса. — Газета «Наука в Сибири», 2011, N 48

Иллюстрации из интернет-источников

Материал подготовила Ольга АРТЮХИНА

КАЧЕСТВО СИБИРСКИХ ВОД



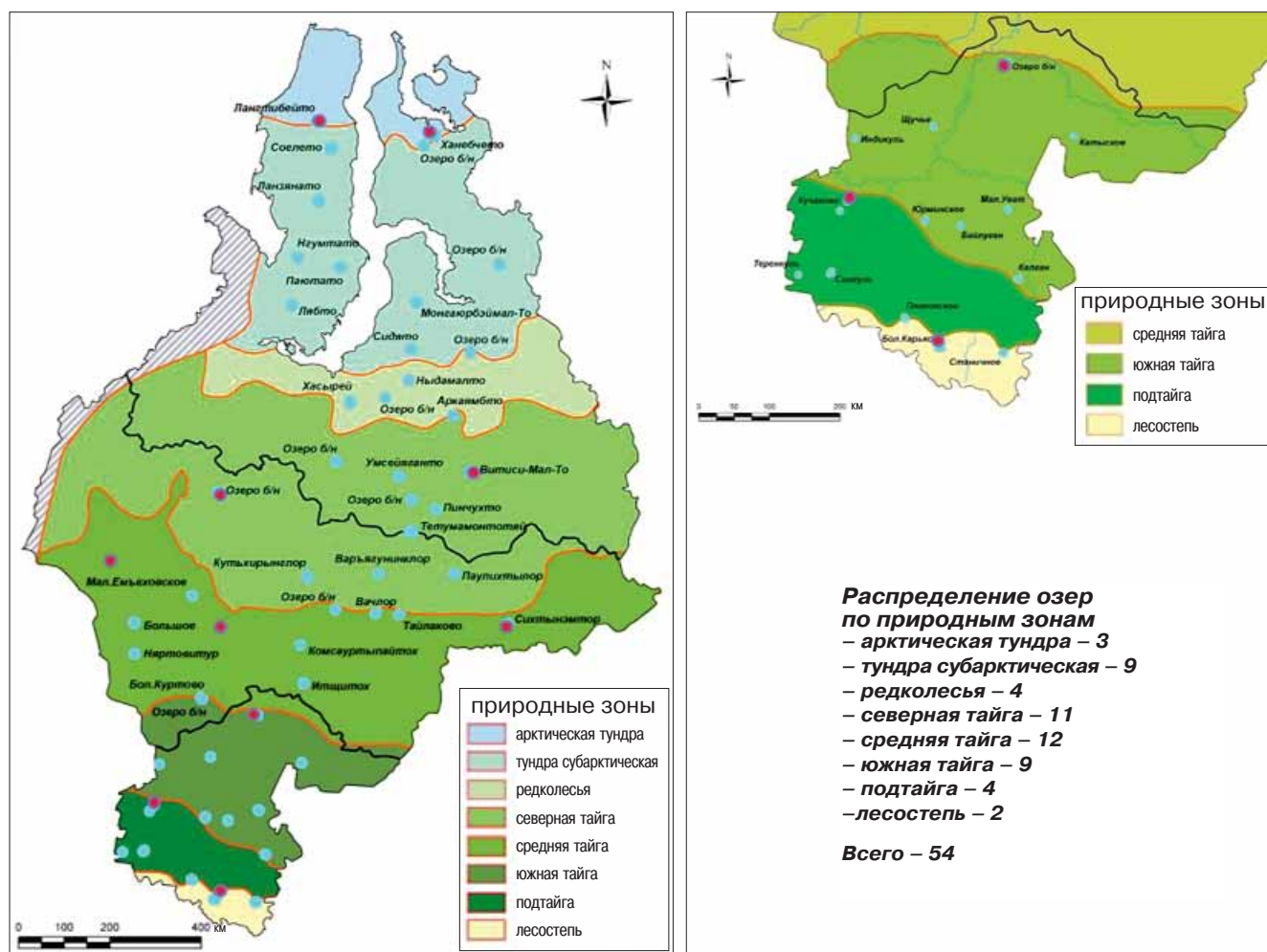
Член-корреспондент РАН Татьяна МОИСЕЕНКО,
руководитель Отдела биогеохимии и экологии
Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского;
доктор биологических наук Александр ШАЛАБОДОВ,
директор Института математики, естественных наук и информационных технологий
Тюменского государственного университета;
доктор биологических наук Сергей ГАШЕВ,
заведующий кафедрой зоологии и эволюционной экологии животных
того же университета

**Как объективно оценить состояние водных артерий Западной Сибири —
региона исключительно важного для экономического развития нашей страны?**

**Насколько велики негативные последствия нефтегазовых
разработок и других антропогенных нагрузок на природу территории,
составляющей 14% площади России?**

**Ответы на эти вопросы можно получить только по итогам
комплексных экологических исследований.**

Эмблема значения вод (предложена С. Гашевым).



Карта-схема озер Тюменской области.

Проект «Формирование качества вод и экосистем в условиях антропогенных нагрузок и изменения климата в Западной Сибири», разработанный нашим коллективом, стал в 2010 г. одним из 40 победителей открытого публичного конкурса, организованного Правительством РФ для поддержания исследований в ведущих отечественных вузах. Благодаря двухлетнему государственному гранту ныне в Тюменском государственном университете создана аналитическая лаборатория, оснащенная самым современным оборудованием, и получены важные сведения для экологически сбалансированного использования природных ресурсов Западной Сибири.

Работа, начатая в 2010 г. под руководством одного из авторов настоящей статьи, члена-корреспондента РАН Татьяны Моисеенко, потребовала изменить привычную для университетов схему исследований, предложить новую методологию изучения намеченных объектов. И вот почему.

Проблема качественного истощения водных ресурсов особенно остро обозначилась в последние

десятилетия, ибо во многих случаях антропогенный фактор не менее значим для формирования химического состава вод, чем природные геохимические и биологические процессы. Разработка полезных ископаемых, загрязнение рек промышленными и хозяйственно-бытовыми стоками, преобразование водосборов в связи с промышленным освоением территорий — все вместе приводит к негативному результату. Вносит свою лепту и изменение климата — ведь от температурного режима зависит подвижность химических элементов в экосистемах. А вследствие трансграничного переноса токсичных веществ с воздушными потоками тяжелые металлы и хлорорганические соединения обнаружены даже в отдаленных высокогорных и арктических озерах.

То есть водные экосистемы испытывают одновременное влияние факторов локального и глобального уровня, и для того, чтобы изучить последствия, необходимы междисциплинарные исследования. А центральной задачей должна стать комплексная оценка качества вод.

ЧТО ТАКОЕ КАЧЕСТВО ВОД?

Какую воду можно считать достаточно хорошей, как выбрать критерии ее оценки? При кажущейся простоте этого вопроса однозначного ответа сегодня нет. Казалось бы, рациональнее всего исходить из цели водопотребления: в промышленности требования к этому ресурсу иные, чем, скажем, при естественном или искусственном воспроизводстве рыб. Однако поскольку речь идет о природном богатстве, жизненно важном для всех организмов, включая человека, взгляд исследователя должен быть шире.

В России, как и в большинстве стран мира, при мониторинге природных вод определяют, в какой мере содержание в них того или иного компонента (чаще токсиканта) превышает его предельно допустимую концентрацию (ПДК). Этот показатель у каждого подлежащего контролю вещества постоянный, он не зависит от того, где ведутся исследования — в Арктике или аридном регионе. То есть специфика поведения загрязнителя в конкретных ландшафтно-географических условиях не учитывается. Между тем внешние факторы могут усилить или ослабить его влияние. Следовательно, привлечение ПДК в оценке качества вод — не универсальный подход.

Поэтому гидрохимики предлагают оценивать качество вод и нормировать загрязнение по так называемым средним фоновым значениям показателей их химического состава (т.е. измеренным в водоемах того же района, не испытавших антропогенного вмешательства). При измерении последних полученные цифры всегда распределяются в некоем интервале, и этот разброс данных, обычный для природных сред, учитывают с помощью статистических подходов — к усредненному показателю прибавляют 1–2 квадратичных отклонения (квадратный корень из дисперсии случайной величины), т.е. величин, лишенных физического смысла.

В свою очередь, биологи предлагают привлечь для характеристики качества вод показатели нарушений в состоянии животных, их популяций и сообществ. Однако не всегда ясно, в каких условиях (т.е. при каких показателях химического состава вод) произошли регистрируемые трансформации.

Тем не менее, если абстрагироваться от субъективных требований к качеству вод отдельных их потребителей и подойти к оценке с позиций экологической парадигмы, можно вывести следующее определение. Качество вод — это их свойства, сформированные в химических, физических и биологических процессах как в водоеме, так и на водосборе. Оно может быть оценено положительно, если обитающие в данной среде и адаптировавшиеся к ней в процессе эволюционного развития организмы нор-

мально развиваются, и воспроизводство наиболее чувствительных видов из их числа продолжается. В последнем случае можно считать (за редким исключением), что здоровью человека такая вода также не угрожает.

Очевидно, что методы оценки качества вод в экспериментальных или натуральных условиях должны быть предложены на основе фундаментальных разработок в области наук о Земле и Жизни. Вот два «кита», на которых зиждется наша концепция: закономерности миграции, трансформации, седиментации (осаждения) и поведения антропогенно-привнесенных элементов, их взаимодействие с природными факторами; закономерности антропогенной изменчивости экосистем, их устойчивость и пределы адаптации, пограничные состояния.

Мы убеждены: без глубокого изучения свойств вод, формирующихся в современных условиях, и ответных реакций живых систем на антропогенное загрязнение невозможно обосновать систему критериев оценки качества водных артерий нашей страны и предложить систему нормирования воздействий.

ТЕХНОГЕННАЯ УГРОЗА ВОДНЫМ АРТЕРИЯМ СИБИРИ

Несмотря на высокую обеспеченность большинства районов Западной Сибири водными ресурсами, сегодня назревает проблема их качественного истощения вследствие антропогенных нагрузок локального и глобального масштабов. К сожалению, экономика России сохраняет минерально-сырьевую направленность, а в данном регионе сосредоточено около 8% мировой добычи нефти. В поверхностных водах повышены концентрации фенолов, аммиака, соединений меди, цинка, марганца, железа, но особую угрозу для рек и озер Обь-Иртышского бассейна представляют нефтяные углеводороды, на долю которых приходится около 80% общего загрязнения. Ряд токсичных компонентов распространяются на дальние расстояния за счет воздушного переноса, и их присутствие мы фиксируем в местах, где, казалось бы, природная среда не нарушена. Между тем здесь сосредоточены запасы уникальных пород рыб, таких как пелядь, пыжьян, чир и муксун.

В последние годы в ряде азиатских стран — Китае, Монголии, Казахстане и др. — возросли промышленные выбросы двуокиси углерода и других кислотообразующих газов, металлов, иных опасных веществ, и прогнозы неутешительны. А ведь Западная Сибирь расположена на пути воздушных потоков, несущих упомянутые загрязнители в северо-западные направления. В итоге в южных ее регионах и местах нефтедобычи ситуация с качеством вод близка к критической. Многие элементы и химические



Обработка проб в полевых условиях.

соединения, привнесенные человеком в экосистемы, способны непосредственно или в результате трансформации оказывать на живые организмы токсичные, канцерогенные, тератогенные и мутагенные эффекты.

Ученых, занимающихся проблемой техногенного загрязнения, Западная Сибирь интересует и как уникальный географический объект, охватывающий разнообразные природно-климатические зоны (от тундровых до степных) и ландшафты (арктические, заболоченные, таежно-лесные). Что дает нам основу для постановки глубоких теоретических исследований с целью познания природных законов, управляющих антропогенной изменчивостью физико-химических свойств вод в современных условиях.

Кстати, по инициативе Государственной Думы РФ и других заинтересованных ведомств в стране начата разработка целевой программы «Чистая вода», и полученные нами результаты будут иметь практическое значение для ее реализации.

МАСШТАБНЫЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В структуре наших исследований три взаимосвязанных блока. Прежде всего мы изучаем географические и физико-химические особенности трансформации абиотических сред, связанной с загрязнением и изменением климата. Во-вторых, оцениваем реакцию живых систем на эти влияния, включая отдаленные биохимические и цитогенетические последствия. Наконец, определяем критические уровни нагрузки для разных загрязняющих веществ с учетом разнообразия природных условий и разрабатываем стратегию водопользования и восстановления экологически нарушенных территорий (акваторий).

Выполнение столь масштабной работы было бы немыслимо без серьезного научного задела Института математики, естественных наук и информационных технологий Тюменского государственного университета — руководителя проекта. Отметим, Тюменский университет благодаря ряду крупных

грантов — «Формирование инновационного научно-образовательного комплекса Тюменского университета для обеспечения эффективности природопользования в условиях интенсивного освоения ресурсов Западной Сибири», «Исследование и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники», «Развитие научного потенциала высшей школы (2006–2008)» и др. — и нашему проекту сегодня довольно хорошо оснащен. Здесь есть, например, лазерный сканирующий моторизованный микроскоп LSM 5 LIVE DUO SCAN (известной немецкой компании «Карл Цейс») с системой пробоподготовки, автоматический ротационный микротом HM 360S с системой переноса срезов STS, секвенатор ДНК, спектрометр ядерного (протонного) магнитного резонанса Hewlett Packard SPM 2R T21, атомно-эмиссионный спектрометр с масс-детектором Agilent-7500 для элементного анализа состава проб (ICP + MS), жидкостный хроматограф Agilent 1100 с масс-селективным детектором (для анализа супертоксикантов — бензпирен, диоксины, хлорфенолы и др.), система капиллярного электрофореза Agilent 3DCE (для анализа лекарств, ядов, токсических веществ). Так что лаборатория качества вод, устойчивости водных экосистем и экотоксикологии подготовилась к началу исследований в кратчайшие сроки.

В 2011 г. для решения поставленных в проекте задач мы развернули масштабные экспедиционные исследования на территории Тюменской области — единственном регионе России, простирающемся (вместе с автономными округами) от Северного Ледовитого океана на севере до государственной границы на юге. Для того чтобы охватить столь обширную территорию, вмещающую несколько природных зон — от тундровой до степной, мы сформировали из специалистов разного профиля семь отрядов, работавших по унифицированной методике, основанной на передовом мировом опыте исследований по гидрохимии, геоэкологии, экологии и биологии. В частности, применили экспресс-обследования озер, благодаря чему удалось отобрать пробы воды из 110 таких водоемов различного размера. Интересный материал мы получили на модельных водосборах (10 площадок в тундровой, таежной, лесостепной зонах), где плодотворно потрудились геоботаники, орнитологи, зоологи, гидрохимики, гидробиологи и палеоэкологии. Последние взяли здесь образцы донных озерных отложений для геохимического и диатомового анализов*.

Данные о водных и околотоводных экосистемах условно-фоновых (не испытывающих прямого антропогенного воздействия) районов стали «точкой от-

счета» для оценки последствий загрязнения. Хотя даже в автономных ландшафтах, отдаленных от промышленных центров, природные сообщества все же несут печать влияния трансграничного переноса токсичных веществ.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ИТОГИ

Экологические исследования имеют свою специфику — связаны с сезонными ограничениями в отборе проб, довольно трудоемки на стадии биологического и химического анализа полученного материала. Специалистам хорошо известно: обработка образцов в среднем занимает год-два, что делает нереальным завершение проекта за 2,5 года. Однако сегодня мы обладаем информацией, позволяющей делать выводы о состоянии водных и околотоводных экосистем Западной Сибири, а скоро сможем предложить и мероприятия по рациональному природопользованию.

Оказалось, что естественный фон таких микроэлементов, как Fe, Mn и Al, в рассматриваемом регионе в десятки раз превышает ПДК. Но при этом в водах тундровой и таежной частей Западной Сибири концентрации микроэлементов, за исключением Fe, довольно низки. Что же касается лесостепи, то здесь пониженная увлажненность и карбонатность почв вызывает аккумуляцию Sb, Zn, Pb.

На основании полученных данных мы разработали методику оценки уязвимости поверхностных вод Тюменского региона к кислотным выпадениям, определив их критические нагрузки. Изучив трансформации экосистем в исторической ретроспективе, наши специалисты на примере природного парка «Кондинские озера» (Ханты-Мансийский автономный округ) показали: до 2000 г. закисление водоемов здесь росло, а антропогенные воздействия превышали допустимые пределы. Однако к 2008 г. обозначилась тенденция восстановления качества среды в озере Арантур, что согласуется с общеевропейской картиной: постепенно возвращается исходная щелочность вод и повышается их кислотонейтрализующая способность.

Благодаря детальному изучению механизмов электростатической сорбции металлов и исследованию формирования их комплексов с гумусовыми веществами нам удалось разработать методику теоретического расчета форм нахождения этих элементов в природных средах региона. А анализ данных о 140 водных объектах позволяет ныне делать соответствующие прогнозы для рек и озер различных зон. Разумеется, полученные закономерности могут быть использованы при оценке токсичности загрязняющих веществ и для корректировки нормативов качества вод.

Отдельное исследование провели работавшие в экспедиции ихтиологи, в итоге обосновав физиоло-

*См.: Т. Моисеенко. Информация со дна альпийских и арктических озер. — Наука в России, 2006, № 6 (прим. ред.).



База лагеря экспедиции в тундре.

гическую норму для рыб, обитающих в водоемах Западной Сибири. Для оценки состояния их популяций в фоновых озерах разных природно-климатических зон Тюменского региона специалисты изучили морфологические и гистологические показатели органов и тканей у ключевых представителей арктического пресноводного (голец, сиги) и бореально-равнинного (плотва, окунь) фаунистических комплексов. В арктической тундре на Гыданском и Ямалском полуостровах задержка полового созревания и удлинение полового цикла у выбранных видов вызваны в большей степени слабой кормовой базой и укороченным периодом нагула. В таежной подзоне отмечены некоторые отклонения в исследованных органах и слабое развитие репродуктивной системы, однако в целом экологическая обстановка здесь более благоприятная.

Цитогенетический анализ эмбрионов разных видов сиговых рыб, обитающих в загрязненных водных системах Тюменской области, показал: частота хромосомных нарушений — эффективный биомаркер присутствия вредных веществ. Специалисты

выяснили: в Обь-Иртышском бассейне качество вод на нерестовых участках настолько ухудшилось, что повысилась мутагенность этой среды обитания, о чем свидетельствует динамика повышения частоты хромосомных нарушений в клетках развивающихся зародышей рыб.

Наши лабораторные эксперименты показали: загрязнение вод сырой нефтью вызывает неспецифическую реакцию организма мелких млекопитающих и становится стрессовым фактором для животных, что согласуется с полученными ранее результатами натурных исследований на нефтезагрязненных территориях. В проведенном опыте у грызунов, содержащихся на нефтяной «диете», растет интенсивность метаболизма, отчего страдают их сердце и почки, их печень гипертрофирована. Эффект отравления подтверждается одновременным увеличением индекса селезенки и снижением гемоглобина в крови зверьков, в чью пищу добавлен упомянутый токсикант. Кроме того, отмечены нарушения процессов кроветворения, усиление миграции лимфоцитов в кровотоки и другие изменения. Специалисты



Участники экспедиции в гостях у ненцев.

выяснили, что адаптация к столь неблагоприятным условиям среды протекает специфично у разных видов, а также половых и возрастных групп одного вида при активном участии гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы.

Для оценки состояния окружающей среды мы использовали и методы биоиндикации, основанные на адекватном отклике сообществ животных и отдельных популяций на изменение параметров среды их обитания. Отметим, негативную реакцию можно зафиксировать как в структуре экосистемы, так и на морфофизиологическом и гистологическом уровне индивидуумов. Задавшись такой целью, орнитологи провели исследования внутри условного коридора (трансекты) в направлении с севера на юг, протяженностью около 3 тыс. км. Наблюдения на 12 пробных площадках в разных природных зонах Западной Сибири показали: на смещение северных границ ареала видов птиц исследуемого региона, несомненно, повлияло широко обсуждаемое ныне потепление климата в течение последних 15 лет в пределах 60-летнего астрономического цикла. Од-

нако температуры подросли только в летние периоды, отчего перелетные, в том числе водно-болотные виды, и освоили новые места, тогда как суровые зимы могут вызывать смещение на юг оседлых и кочующих пернатых. Иначе говоря, тут правильнее говорить о росте континентальности климата.

Результаты междисциплинарных исследований, частично изложенные в настоящей статье, стали фундаментом для разработки практических рекомендаций по рациональному природопользованию. Над этим сейчас трудится наш коллектив. Найти пути для сохранения чистоты рек и озер Западной Сибири, ее обширных и живописных болотных угодий — актуальнейшая задача отечественных ученых. Ибо от этого зависит не только биоразнообразие на нашей земле, но и жизнь, и здоровье людей.

Иллюстрации предоставлены авторами

КАК МЕНЯЮТСЯ НАШИ ЛЕСА

Доктор биологических наук Андрей СИРИН,
член-корреспондент РАН Лев РЫСИН,
кандидат биологических наук Анастасия ГУЛЬБЕ,
Институт лесоведения РАН (Московская область)

Лесной покров — неотъемлемая часть биосферы Земли. Его состояние зависит от многих факторов, как природных, так и антропогенных. Определить значимость каждого из них, выявить закономерности в развитии лесных экосистем — значит прогнозировать их будущее. Помогают в этом стационарные исследования, ведущиеся не год, не два, а десятки лет.

Леса ни в одной стране мира не занимают столь больших площадей, как в России. Для нашей страны это не менее важный природный ресурс, чем нефть, газ, уголь, и даже более значимый, ибо его заменить нечем. Он участвует в поддержании газового баланса атмосферы, регулирует многие природные процессы, обеспечивает сохранение жизни на планете. Замечательное качество леса — возобновляемость; при правильно организованном лесопользовании его запасы не только не уменьшаются, но могут быть увеличены и улучшены. Вместе с тем он очень уязвим и нуждается в охране. И как всякая живая система, непрерывно меняется.

Чтобы судить о состоянии существующих массивов, нужно помнить, что их состав и структура определяются не только природными условиями. На протяжении многих столетий растительный покров центральной части Русской равнины формировался при самом активном влиянии человека. Согласно составленной известным геоботаником, профессором Московского университета Василием Алёхиным еще в 1920-х годах карте, здесь ранее господствовали леса. Произрастали знакомые нам древесные породы — сосна, ель, дуб, липа, береза, осина, клен. Но какими были эти девственные чащи, теперь мы можем только догадываться. Практически их вырубili

Привычные нам березняки центральной полосы Европейской России — результат влияния человека (Серебряноборское опытное лесничество — филиал Института лесоведения РАН, Московская область).

много веков назад, а те, что мы видим в настоящее время, вторичны.

Уже к концу XVII в. лесистость* нынешних Московской, Владимирской, Рязанской и Калужской областей составляла не более 50%, и зачастую преобладающей породой была береза. Понимая государственное значение лесов, царь Петр I издал ряд указов, имевших целью разумное их использование и усиление охраны. В 1719 г. на Адмиралтейство возложили «над лесами смотрение и сбережение». Тогда выделили «заповедные леса», в 1722 г. учредили должность обер-вальдмейстера (главного лесничего), которому подчинялись вальдмейстеры, назначенные в некоторых губерниях. Часть массивов находилась в частном владении, но законодательство ограничивало права собственников, допуская лишь побочное использование таких участков (пчеловодство, охота и т.д.).

При государыне Екатерине I лесную администрацию упразднили, однако ненадолго. В 1730-х годах ее восстановила императрица Анна Иоанновна. Власть требовала относиться к лесу бережно; одно из важнейших ее предписаний — порубка деревьев должна была восполняться лесоразведением. Однако по указу Екатерины II от 1782 г. массивы частных владельцев стали изымать из ведения Лесного управления. Предполагалось, что «радетельные помещики» сами озаботятся сохранением принадлежащего им природного богатства «в собственную свою и потомства их пользу». Последствия сказались очень быстро — уже через полгода Адмиралтейств-Коллегия сообщила Сенату об усилившихся порубках, в том числе и в особо ценных, в то время «стратегических» дубравах. Ошибки пришлось корректировать.

В конце XIX в. практика взаимоотношений частных землевладельцев и государства, заботившегося о сохранении угодий, предусматривала, что даже приобретая лес, собственник не имел права самостоятельно решать вопрос о вырубке деревьев для проведения строительных работ и других целей. Только лесничий из Лесоохранительного комитета на месте определял такую возможность, причем размеры рубок строго регламентировали. Жесткий контроль со стороны государства сложился в странах с традиционно высокой долей частных массивов (например, в Финляндии). Развитие промышленности способствовало дальнейшему сокращению лесов в нашей стране. К середине XIX в. лесистость Московской губернии составляла уже менее 40%, Смоленской — 35,8, Ярославской — 36,2, Тверской — 33,6, Калужской — 26,5, Рязанской — 23,1%.

В начале XX в. и в годы Первой мировой войны происходило дальнейшее истребление массивов в



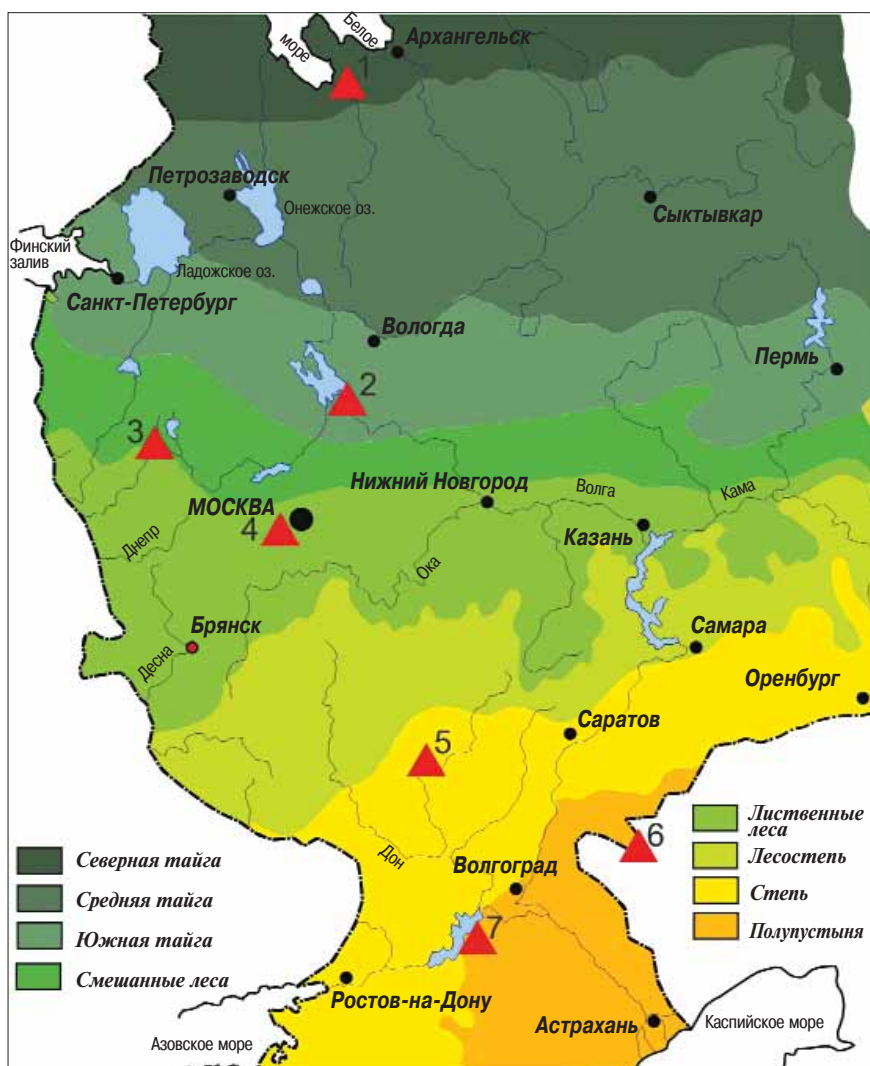
центральных областях России. А в последние два десятилетия хотя лесистость и растет (в основном за счет зарастания заброшенных сельскохозяйственных земель), однако вырубка наиболее экономически привлекательных насаждений и отсутствие планомерного лесного хозяйства негативно сказываются на их породном составе.

За состоянием лесных экосистем необходим регулярный государственный контроль, неотъемлемой частью которого должен стать их мониторинг. Только в этом случае можно своевременно выявить нежелательные процессы, предотвратить потери и придать развитию лесов нужное направление. Как же увидеть происходящие в них изменения?

Основным способом оценки состояния лесного фонда в XX в. было лесоустройство — каждые 10 лет огромные площади подвергали разностороннему обследованию, дававшему ценнейшую информацию о составе пород, их возрастной структуре, санитарном состоянии. В последние годы к традиционным методам добавился мониторинг с помощью космической съемки. Анализ, проведенный под руководством академика Александра Исаева специалистами Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН и Института космических исследований РАН, выявил значительные изменения породного состава, особенно на европейской территории страны. Хвойные массивы таежной зоны заметно уступили свои позиции мелколиственным.

Лес — явление комплексное, неразрывно связанное с местопроизрастанием и средой обитания. В полной мере понять происходящие в нем изменения можно только на основе длительных стационарных исследований на специально выбранных участках. Это стало методической основой научно-организа-

*Лесистость определяется отношением покрытой лесом площади к общей площади области, района и т.д.; выражается в процентах (прим. ред.).



Карта природных зон
Европейской России
и расположение опытных
лесничеств и стационаров
Института лесоведения РАН:
1 – Онежский стационар
(Архангельская область);
2 – Западнодвинский лесоболотный
стационар (Тверская область);
3 – Северная лесная опытная станция
(Ярославская область);
4 – Серебряноборское
опытное лесничество
(Москва и Московская область);
5 – Теллермановское опытное
лесничество (Воронежская область);
6 – Джаныбекский стационар
(Волгоградская область);
7 – Аршань-Зельменский стационар
(Республика Калмыкия).

ционной деятельности созданного в 1944 г. по инициативе академика Владимира Сукачёва Института леса АН СССР. И в целом в условиях еще не закончившейся войны наше государство понимало значение научного обеспечения задач восстановления и сохранения лесов. А сам ученый отмечал, что для решения важных вопросов лесоводства необходимо создание комплексных биогеоценотических* станций, где возможно было бы исследовать все главнейшие типы наших лесов. Обязательное условие — одновременное изучение фитоценоза и абиотических факторов среды.

Поскольку научные задачи невозможно решить без опытов и последующих многолетних наблюдений, Институту леса специальным правительственным решением были переданы уникальные объекты —

*Биогеоценоз — система, включающая сообщество живых организмов и тесно связанную с ним совокупность абиотических факторов среды в пределах одной территории, связанные между собой круговоротом веществ и потоком энергии (понятие введено Владимиром Сукачёвым (прим. ред.).

Серебряноборское (Москва и Московская область) и Теллермановское (Воронежская область) опытные лесничества. После перевода в 1958 г. этого института в Красноярск преемником его исследований в европейской части страны стала Лаборатория лесоведения АН СССР (с 1991 г. — Институт лесоведения РАН).

Познание механизмов функционирования лесных экосистем должно лежать в основе управления продуктивностью, устойчивостью и защитными их функциями в условиях интенсивного природопользования и изменения климата, научного обеспечения сохранения их природного разнообразия, определения стратегии лесопользования. В настоящее время созданная институтом сеть стационаров, опытных лесничеств, постоянных пробных площадей и других объектов мониторинга включает участки лесных, лесоболотных и агролесных биогеоценозов основных зон европейской части России (от северной тайги до полупустыни) и используется для наблюдений и натурных экспериментов.

Густой подлесок из лещины, рябины и других пород мешает возобновлению основной породы в старовозрастных сосняках (Серебряноборское опытное лесничество).

Многолетние наблюдения — одно из главных условий получения аргументированных выводов по оценке динамики происходящих процессов в лесах. Накопленный непрерывный массив данных служит фундаментом для проверки теоретических работ, касающихся изменений лесного покрова, результатов математического моделирования, для подготовки рекомендаций по организации устойчивого лесопользования.

Существует мнение, что если лес совсем не трогать, т.е. предоставить самому себе, то он изменится в полном соответствии с условиями среды — почвой и климатом — и вернется в «девственное» состояние. Якобы такой «заповедник» характеризуется максимальной продуктивностью, он устойчив, не меняется с возрастом и может существовать бесконечно долго. Однако те, кто там работает, знают, каким лес может стать без надлежащего ухода. Старые деревья падают, захламляя территорию, появляются больные, становящиеся причиной возникновения очагов заболевания и гибели других. Подрост основной лесобразующей породы зачастую лишается возможности нормально развиваться и не способен заменить распадающийся материнский древостой. В результате некогда здоровый массив превращается в лесное «кладбище».

Изменения в массиве можно увидеть лишь при длительном его изучении. Эти наблюдения проводят на так называемых постоянных пробных площадях — относительно однородных участках размером 0,25×0,5 га, где периодически отмечают высоту, диаметр и другие показатели каждого дерева. Оценивается также состояние подлеска, травяного яруса*, живого напочвенного покрова. Многие растения служат очень точными индикаторами среды: их численность, появление или, наоборот, исчезновение — свидетельство процессов, происходящих в данном сообществе.

Так что же происходит с нашими лесами? Приведем несколько результатов, полученных сотрудниками института.

В массивах центральной части Русской равнины выявлена устойчивая тенденция к изменению их породного состава, не отвечающая как их защитной и социальной роли, так и структуре потребления древесины. Снижение интенсивности ведения лесного хозяйства, ранее направлявшегося на восстановление хозяйственно ценных пород, загрязнение атмосферы и почвы токсичными веществами, повышение рекреационной нагрузки, зарастание брошенных сельскохозяйственных угодий, изменение климатических условий за последние десятилетия привели к увеличению доли лиственных древостоев.

*Ярус — элемент вертикальной структуры растительного сообщества. Благодаря ярусному расположению растения наиболее полно используют природные условия (свет, тепло, почву) (прим. ред.).



На террасах Москвы-реки, в Серебряноборском опытном лесничестве, сохранились великолепные вековые сосняки со вторым ярусом из дуба или липы и подлеском из лещины, рябины, жимолости, бересклета и других кустарников. Сосна достигла 30–35 м, практически перестала расти в высоту и постепенно выпадает. Широколиственные деревья, значительно уступающие ей по возрасту, продолжают тянуться вверх и уже частично выходят в первый ярус. За 50 лет наблюдений численность основной породы уменьшилась почти вдвое, но в образовавшихся «окнах» ее подрост не появляется из-за сильного затенения, создаваемого кронами дуба, липы и лещины. Возникли участки, уже ставшие липовыми, дубовыми рощами или густо заросшие лещиной, где сосны нет вовсе. Словом, идет постепенная трансформация бывших сосняков в широколиственные леса.

Происходящее отражается и в нижних ярусах — там возрастает обилие теневыносливых и тенелюбивых видов растений, меньше становится, а то и вообще исчезают светолюбивые. Интересный результат дал опыт с проращиванием семян растений, погребенных в почве. Не имея возможности сразу прорасти, они остаются в состоянии анабиоза в ожидании «лучших времен». Появление всходов растений, в настоящее время не встречающихся в составе травяного покрова, указывает на то, что в прошлом лес был другим — с меньшей сомкнутостью древостоя, с большей освещенностью под его пологом.



**Восстановление ели в березняках
без помощи человека —
процесс длительный и не всегда успешный.**

Полвека назад на тех же террасах Москвы-реки не были редкими участки сосняков черничных и брусничных (здесь можно было собирать ягоды). Сейчас те же массивы имеют иной облик: в них сформировался второй ярус из лиственных пород (в основном, березы) и подлеском из высокой крупнотравной рябины. Сосна потеряла возможность возобновляться и есть все основания предполагать, что на смену ей придут лиственные породы, хотя сейчас это кажется невероятным.

Чем вызвана экспансия лиственных пород? На этот вопрос мы пока не можем ответить определенно, но очевидно, что причин несколько.

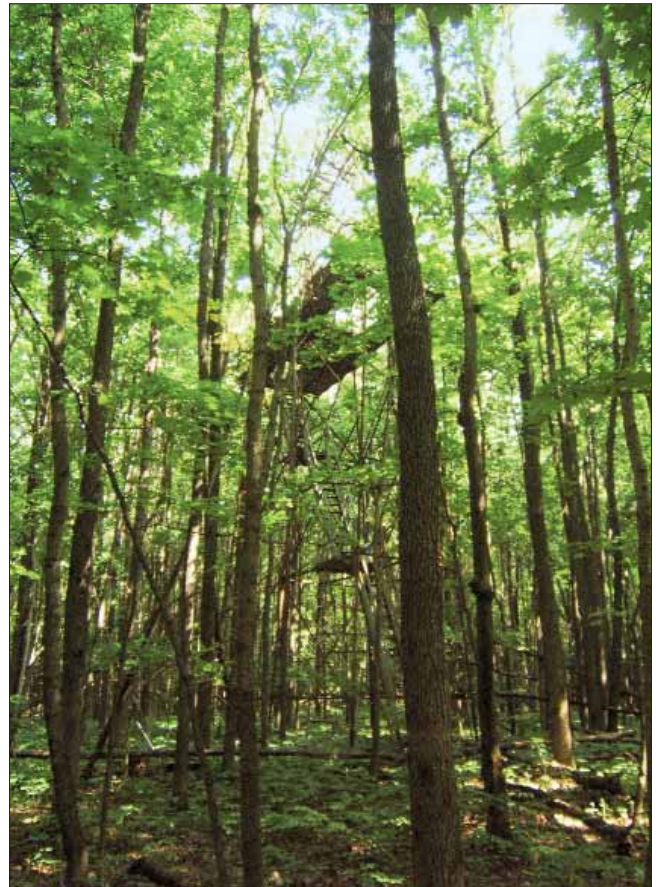
Наши леса изменены человеком. Сейчас это влияние стало минимальным (конечно, при условии, что деревья не вырубают), и растительность постепенно возвращается к своему «исходному» облику, соответствующему условиям среды. К примеру, в прошлом активно использовали липу. Когда хозяйственный интерес к ней пропал, она начала разрастаться. Раньше одним из лесообразующих факторов был огонь,

заставлявший лес «восстанавливаться»; теперь в центральных областях страны обширные возгорания — редкость (сильные засухи, как в 2010 г., исключение). Пожары, как правило, быстро ликвидируются и не успевают вызвать широкомасштабные изменения.

Примеров «зыбкого» положения сосны в лесу можно привести множество. Она устойчива только в местообитаниях с экстремальными условиями (на бедных сухих песках, на верховых торфяниках). В остальных случаях по мере старения ее могут сменить другие породы. Возможно, кого-то удивит сделанный вывод о неустойчивости сосновых лесов в центральной части Русской равнины. Но столь же неустойчивыми могут быть и еловые. Старший научный сотрудник нашего института Александр Абатуров, обследовав большое число ельников в Подмоскowie и установив явную разновозрастность древостоев, предположил их преимущественно искусственное происхождение, поскольку разновозрастные крайне редки. Тщательный анализ одного из таких участков показал, что и здесь даже при сохранении имеющего-



Опыты российского ученого-лесоведа Григория Корнаковского доказали возможность восстановления дубрав с помощью специальных узколесосечных вырубок (Теллермановское опытное лесничество — филиал Института лесоведения РАН, Воронежская область).



ся подрост эта порода в будущем скорее всего лишь сохранит присутствие в древесном ярусе, но не господство. Ныне растущие ели, дубы, березы, осины выпадут, а их место займет липа, перспективный подрост которой сейчас наблюдается повсеместно (возможно, ей будет сопутствовать клен остролистный). Кстати, ранее, в 1968 г., подобную точку зрения высказывал автор известного труда по лесорастительному районированию страны Сергей Курнаев, считавший, что формирование южнотаежных ельников связано с массовой вырубкой липы и интенсивным выпасом скота в лесу. При устранении этих факторов можно ожидать формирования второго яруса из липы. Но не все исследователи разделяют эти выводы, и, очевидно, только дальнейшие изыскания дадут ответ на этот вопрос.

В результате хозяйственной деятельности человека на значительной территории высокопроизводительные ельники сменились древостоями мелколиственных пород (береза, осина и др.). Считается, что в производных (т.е. вновь выросших) лесах на месте вырубленных ельников со временем появится подрост. Но это возможно далеко не всегда. Нужны находящиеся неподалеку плодоносящие ели, дающие достаточное количество здоровых семян, хотя даже появление их всходов не гарантирует превращения в жизнеспособный подрост, поскольку под пологом

лиственных пород среда может меняться достаточно сильно и необратимо.

Наблюдения, проводимые с начала 1990-х годов на серии пробных площадей под руководством члена-корреспондента РАСХН Михаила Рубцова, говорят о том, что под пологом березовых древостоев происходит естественное появление подростка ели. Однако ее восстановление в результате демутационной смены* — длительный процесс. И лишь меры, направленные на создание благоприятных условий для появления и развития благонадежного подростка ели в березняках, в том числе «рубки ухода», помогут сократить время, необходимое для восстановления ельников на ранее занимаемых ими территориях.

Трудно сделать вывод о будущем современных березняков хотя бы потому, что в большинстве своем они еще очень молоды и поэтому достаточно устойчивы. Наблюдения на пробных площадях говорят о том, что они будут сохраняться еще в течение длительного времени даже в условиях интенсивного техногенного загрязнения и высоких рекреационных нагрузок. Однако в ряде случаев их общее состояние постепенно ухудшается — все больше деревьев становятся ослабленными.

*Демутация — смена растительности, происходящая после антропогенного нарушения биоценоза и направленная на восстановление сообщества прежнего состава (прим. ред.).



Сомкнутые высокопродуктивные березняки формируются уже к семилетнему возрасту. Необходимы научно обоснованные неотложные мероприятия для формирования экономически и экологически полезных древостоев на бывших сельскохозяйственных землях (Северная лесная опытная станция Института лесоведения РАН, Ярославская область).

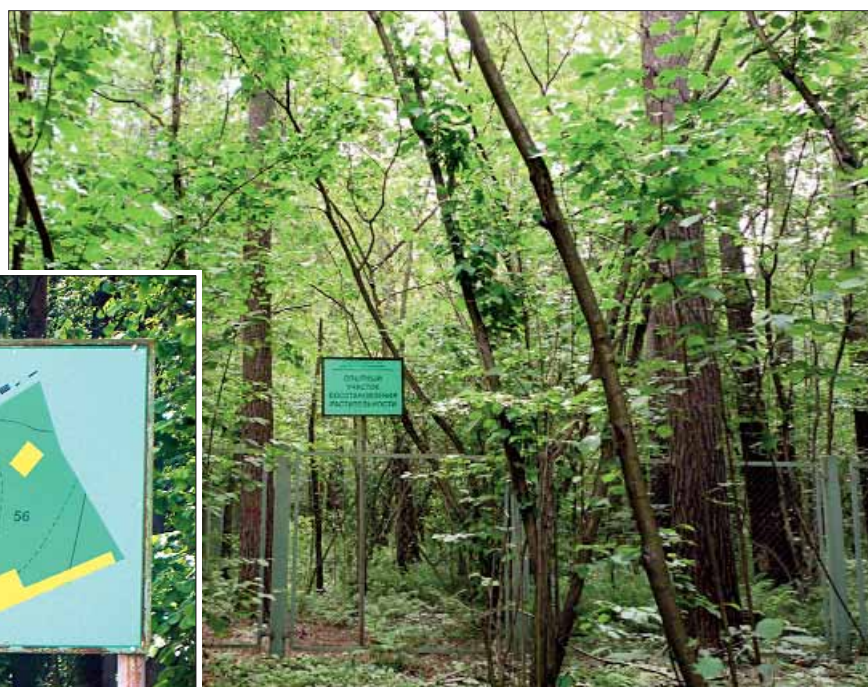
Очень серьезные изменения наблюдаются в дубравах лесостепи, основные площади которых находятся в России. Дуб, признанный эдификатор* таких широколиственных массивов, сейчас крайне редко входит в состав новых древостоев — его сеянцы не способны конкурировать с травами и обильной порослью других древесно-кустарниковых видов (клен, ясень). В результате без помощи человека восстановление дубрав в условиях лесостепи происходит крайне редко, их могут сменить широколиственные массивы из других менее ценных пород. Но при вмешательстве людей дубовые рощи можно спасти.

Отметим, разработанная еще в начале XX в. видным отечественным ученым Григорием Корнаковским в Теллермановском лесу система узкосечных (шириной 25–50 м) вырубok дала отличные результаты в годы регулярного и обильного плодоношения дуба. Здесь представлена серия лесосек более чем 100-летней давности и 1930-х годов с прекрасным его возобновлением по этой методике. Проводя рубки в

годы обильного самосева, подсеявая желуди, подсаживая дополнительные сеянцы и ухаживая за ними, человек обеспечивает максимально благоприятные условия для восстановления дуба. И уже спустя 30–50 лет после вырубki в таких производных насаждениях эта ценная порода возвращает свое значение как эдификатор лесного биогеоценоза.

Происходящие ныне в России социальные события отражаются на состоянии природопользования. С начала 1990-х годов в нашей стране наблюдается интенсивное увеличение заброшенных сельскохозяйственных угодий, и сейчас они превышают 50 млн га, т.е. более 1/3 соответствующих площадей. Они зарастают, и мы видим, как происходит возвращение лесной растительности на когда-то занятые ею территории. В условиях лесной зоны на этих землях естественным путем восстанавливаются древостои березы повислой, ольхи серой, осины, реже сосны. Остро встает вопрос о дальнейшей судьбе молодняков на брошенных территориях. Возврат последних в сельскохозяйственный оборот потребует значительных экономических затрат и в большинстве случаев не оправдан. Но, как показали исследования на Се-

*Эдификатор (от лат. aedificator — строитель) — вид растений с сильно выраженной средообразующей способностью, определяющий таким образом структуру и состав растительного сообщества (прим. ред.).



Только экспериментальным путем можно изучать процессы восстановления леса после воздействия рекреации (опытный полигон на территории Серебряноборского опытного лесничества).

верной лесной опытной станции Института лесоведения РАН (Ярославская область), эти площади требуют безотлагательных научно обоснованных лесохозяйственных мер для формирования высокопродуктивных древостоев с учетом их целевого назначения. Иначе мы получим труднопроходимые густые заросли, лишенные хозяйственной и экологической ценности.

Из-за роста городов и активного строительства в центральных областях европейской части России значительная часть лесных экосистем оказалась в черте населенных пунктов или непосредственно примыкает к ним. Сохранить их, не переводя в искусственно поддерживаемые зеленые насаждения, сложно и не всегда возможно. Необходимо выявление механизмов антропогенной динамики лесных биогеоценозов, длительные стационарные наблюдения. Более 65 лет такие работы ведутся на объектах Серебряноборского опытного лесничества. Тут изучают влияние загрязнения атмосферы и почвы, различных видов рекреации. Полученные результаты помогают сохранить уникальные биогеоценозы урбанизированных территорий в условиях постоянно

растущего влияния мегаполиса, защитить их от не всегда обдуманных и научно необоснованных управленческих решений.

Длительные натурные исследования — традиционная основа изучения лесов, естественные и антропогенные изменения которых практически невозможно выявить на основе маршрутных и других разовых наблюдений. Еще раз подчеркнем: только результаты многолетних эмпирических наблюдений на постоянных объектах дают шанс понять комплексную природу лесных биогеоценозов, дать прогноз их будущего развития, выработать пути хозяйственного управления и устойчивого развития. Сохранить уникальную сеть научных баз и объектов в современных экономических условиях и обеспечить преемственность стационарных исследований и опытного дела — важнейшие задачи лесной науки и практики в начале третьего тысячелетия.

Иллюстрации предоставлены авторами

БИОТОПЛИВО И ЭНЕРГИЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ СТРАНЫ

Евгения СИДОРОВА, журналист

В апреле 2012 г. в Москве состоялся очередной международный конгресс «Биомасса: топливо и энергия», организованный Российской биотопливной ассоциацией для обмена знаниями и опытом между учеными, представителями отечественного бизнеса и зарубежных компаний, государственными чиновниками. Участники форума отметили: рациональное использование возобновляемых ресурсов способствует не только развитию экономики и научного потенциала стран, избравших этот путь, но в перспективе — улучшению экологической ситуации благодаря сокращению выбросов двуокиси углерода и метана в атмосферу планеты.

Предметом обсуждения на заседаниях было производство и применение моторных и котельных топлив (этанол, бутанол, бионефть, торфяных брикетов и др.), вырабатываемых из возобновляемого сырья*. Присутствовавшие эксперты выразили уверенность, что развитие инновационной экономики в нашей стране не в последнюю очередь будет связано со становлением данной отрасли. Для этого есть немало оснований.

БЛАГОПРИЯТНАЯ КОНЬЮНКТУРА

В настоящее время в Европе в условиях финансового кризиса вынуждены сворачивать производство биоэтанола и биодизеля. Однако отказываться от компонента автомобильного топлива, снижающего уровень выхлопных газов, здесь не собираются. Сохранить высокие стандарты качества бензина можно, вступив в сотрудничество со странами, обладающими обширны-

ми землями для возделывания соответствующих сельскохозяйственных культур. Иными словами, и для российских аграриев, и для биотехнологов, чей потенциал до настоящего времени востребован недостаточно, складывается благоприятная конъюнктура.

Эта мысль прозвучала в ряде докладов, в том числе Владимира Баскова из Российского энергетического агентства, координатора технологической платформы «Биоэнергетика» из Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» Степана Дударева. Последний отметил, что в рамках упомянутой платформы при участии ученых МГУ им. М. В. Ломоносова ведется поиск новых источников биомассы для производства топлива и энергии. Например, в этом отношении перспективны водоросли. А старший научный сотрудник из Института микробиологии им. С. Н. Виноградского РАН, кандидат химических наук Яна Сергеева рассказала о возможности получения биотоплива на основе липидов мицелиальных грибов.

Доктор биологических наук Александр Яненко, заместитель директора Государственного научно-иссле-

*См.: А. Яненко. Приоритеты промышленной биотехнологии. — Наука в России, 2006, № 5; А. Синицын. Универсальные ферменты. — Наука в России, 2007, № 4 (прим. ред.).



**Международный конгресс
«Биомасса: топливо
и энергия» в Москве.
17–18 апреля 2012 г.**

довательского института генетики и селекции промышленных микроорганизмов, в эксклюзивном интервью нашему журналу напомнил: научное сообщество систематически выдвигает оригинальные идеи по наращиванию топливной биомассы (в том числе возделывание водорослей и мицелиальных грибов), однако в настоящее время бизнесу интересны лишь те разработки, что доведены до технологической цепочки и оказались рентабельными. А последнее зависит от экономических условий — цены ресурса, стоимости его доставки потребителю. Например, строительство «Восточно-Сибирского комбината биотехнологий»* в г. Тулун Иркутской области возможно благодаря наличию здесь древесины — сырья, необходимого для получения спиртов и сахаров.

*См.: А. Сеницын. Портфель для будущих инноваций. — Наука в России, 2012, № 3 (прим. ред.).

Однако возникает противоречие между сегодняшними интересами людей и перспективными задачами ученых, так как изыскания нужно проводить не только в расчете на внедрение разработки, но и чтобы не разучиться критически анализировать новую информацию, получаемую непосредственно в той или иной отечественной лаборатории или поставляемую зарубежными коллегами. А ориентация на исключительно прикладные цели приводит к потерям — ведь научная база растет только на «питательной среде» экспериментов, пусть даже неудачных. И надо понимать, подчеркнул Яненко, что экспертное сообщество нашей страны сохраняется как таковое, лишь пока его члены ведут фундаментальные исследования — это условие инновационного развития у нас на сегодняшний день есть. Но без государственной поддержки его можно лишиться.



**Технологии биоэнергетики
могут стать основой
возрождения
опустевших земель.**

В свою очередь, сотрудница «Германо-российского кооперационного союза в области биотехнологий» Анна Шмидт рассказала участникам конгресса о деятельности открытого в 2010 г. в Москве, в Институте биохимии им. А.Н. Баха РАН, Бюро индустриальной биотехнологии. На его базе развернуто плодотворное сотрудничество между немецкими компаниями и российскими научными учреждениями. Предмет совместных исследований — технологии производства топлива и химикатов, обработка возобновляемых ресурсов. К примеру, стартует российско-германский проект по производству авиационного керосина из биомассы сорного засухоустойчивого растения семейства капустных под названием рыжик посевной (*Camelina sativa*).

На форуме были представлены результаты изысканий отечественных ученых, уже получившие практическое применение. Так, заведующий лабораторией каталитических процессов переработки возобновляемого сырья Института катализа им. Г.К. Борескова СО РАН*, кандидат химических наук Вадим Яковлев обратился к теме промышленной переработки бионефти (вещества сложного состава, получаемого из растительного сырья) в транспортные топлива. Быстрый пиролиз биомассы древесных отходов (т.е. термическое разложение органических соединений без доступа воздуха) приводит к образованию небольшого количества газов, твердого остатка и, главное, похожей на разбавленный деготь жидкости — ее выход не менее 70–80% и после дальнейшей обработки она пригодна в качестве моторного топлива. Эту бионефть необходимо подвергнуть гидрооблагораживанию из-за высокого (до 55%) содержания в ней кислорода, и специалисты упомянутого института предложили использовать оригинальные катализаторы на основе никеля, оказавшиеся по всем характеристикам лучше известных ана-

логов. Эта их разработка ждет внедрения на отечественных предприятиях.

Аналогичный успешный поиск ученые провели и для совершенствования технологии получения другого моторного топлива — биодизеля. Вместо гомогенных, находящихся в одной фазе с реагирующими веществами, катализаторов (H_2SO_4 , $NaOH$) Яковлев с коллегами применили гетерогенные (гексаалюминат бария), отличающиеся большей химической и термической устойчивостью, а также позволяющие удешевить процесс за счет снижения количества жидких отходов. Еще одна удача сибиряков — уже востребованная практикой технология сжигания в кипящем слое катализатора твердых углеродсодержащих топлив (угля, торфа, лигнина, опилок) для получения тепла. Она использована при создании инженеринговой компанией ООО «ТермоСофт-Сибирь» пилотных котельных мощностью 1–6 Гкал/ч в Кемеровской, Читинской, Амурской областях и Алтайском крае.

МНОГООБЕЩАЮЩАЯ АЛЬТЕРНАТИВА

Отдельная секция конгресса была посвящена проблемам биоэнергетики. Здесь, как, впрочем и в контексте разговора о транспортных топливах, неоднократно возникала природоохранная тема. Усилия международного сообщества сейчас не случайно направлены на наращивание доли экологически безопасных видов сырья в данной отрасли: ведь загрязнение атмосферы так называемыми парниковыми газами (углекислым газом, метаном) при сжигании нефти, газа, угля, «законсервированных» в земных недрах много тысячелетий назад, может привести, как полагают некоторые эксперты, к глобальному потеплению климата.

Отходы сельского, лесного, муниципального хозяйств, посредством современных технологий перерабатываемые в топливо, — пятый по производительности возобновляемый источник энергии после солнеч-

*См.: В. Пармон. Управляемые превращения. — Наука в России, 2007, № 5 (прим. ред.).



Топливные
древесные пеллеты.

ной, ветровой, гидро- и геотермальной. Причем во время утилизации этой биомассы в атмосферу выделяется столько же углекислого газа, сколько потребили растения в ее составе, — современный круговорот углерода не нарушается. На конгрессе, состоявшемся в Международный год устойчивой энергетики для всех*, всесторонне обсудили проблему использования столь ценного ресурса.

Сегодня доля возобновляемых источников энергии в мире составляет 14%, а к 2030 г., согласно расчетам специалистов ООН, она достигнет 30%. В России соответствующий показатель неизмеримо скромнее — менее 1%, к 2020 г. поставлена цель повысить его до 4%. Тем не менее, в нашей стране интерес к технологиям переработки биомассы для применения в энергетике значителен, в том числе и потому, что данный ресурс востребован на зарубежных рынках. Широко используются, например, торфяные брикеты. Так, представитель международного энергетического концерна «Фортум» Виктор Шмыглов рассказал, что в Эстонии такое топливо обходится дешевле газа и, например, в городах Тарту и Пярну тепловая и электрическая энергия вырабатывается исключительно на торфе, добываемом в Беларуси. Излишне напоминать, что в России этот ресурс есть в изобилии. В Европе и США сейчас популярны также пеллеты (цилиндрические гранулы стандартного размера — длиной не более 5 см, в диаметре до 1 см) из различных отходов (древесных, лузги семечек и др.), удобные в использовании, транспортировке и хранении. А задачи ученых в данном случае сводятся к поиску технологических решений, позволяющих снизить себестоимость экспортируемого продукта. Эту проблему затронул в докладе заведующий лабораторией «Проблем энергосбережения» Объединенного института

высоких температур РАН*, доктор технических наук Виктор Зайченко.

Отдельной большой темой обсуждения на конгрессе стало получение биогаза** из отходов животноводства. Доклады о биоэнергетическом потенциале многих сельскохозяйственных областей нашей страны (Калужской, Владимирской, Орловской и др.) свидетельствовали: возникновение соответствующих производств может стать точкой опоры для развития российских регионов. И в ряде случаев, как подчеркнул руководитель проекта в сфере биотехнологий холдинга «Базовый элемент», кандидат экономических наук Юрий Шушкевич, возможна повторная колонизация заброшенных аграрных территорий, откуда в последние десятилетия произошел отток населения. Иными словами, становление биотехнологического сектора отечественной экономики сыграет важную социальную роль.

В XXI в. понятие прогресса в общественном сознании тесно связано с сохранением природы, и потому биотехнологи стремятся преподнести свои идеи в контексте экологической этики, на что имеют право. Ведь именно эта отрасль знания вводит в мир биоразлагаемые материалы, которые со временем, возможно, вытеснят продукты нефтехимии — полиэтилен и полипропилен. «Зеленые» топлива меньше загрязняют атмосферу. А новые технологии меняют лицо химических производств, снижая нагрузку на окружающую среду и сохраняя здоровье людей.

*См.: В. Фортвов. Вверх по шкале высоких температур. — Наука в России, 2011, № 2 (прим. ред.).

**Биогаз — газ, получаемый при водородном или метановом брожении биомассы (прим. ред.).

*Генеральная Ассамблея ООН в знак признания важности энергетики для устойчивого развития постановила провозгласить 2012 г. Международным годом устойчивой энергетики для всех (прим. ред.).

Иллюстрации предоставлены
автором и Оргкомитетом конгресса
«Биомасса: топливо и энергия»

ЭЛЕКТРОННЫЙ ХОЛОДИЛЬНИК ДЛЯ ПРОТОНОВ

В Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН (ИЯФ) завершили многолетнюю работу по созданию новой установки электронного охлаждения протонных пучков для ускорительного комплекса COSY (Cooler synchrotron) в немецком Исследовательском центре Юлиха. Имея рабочее напряжение 2 млн В, она позволит осуществлять этот процесс с рекордной скоростью. Это открывает новые возможности для проведения уникальных экспериментов по рассеянию поляризованных протонов на внутренних мишенях, изучению ядерных сил, восполнению пробелов в экспериментальных данных о структуре нуклонов. О новаторской технологии корреспонденту газеты «Наука в Сибири» Александру Надточий рассказал один из разработчиков метода, директор института, член-корреспондент РАН Василий Пархомчук.

Революционная идея электронного охлаждения тяжелых частиц, отметил он, принадлежит отцу-основателю ИЯФ академику Гершу Будкеру (1918–1977). Еще в 1965 г. он предложил сквозь быстро движущийся в вакууме «горячий» протонный пучок пропускать имеющий ту же скорость, но меньшую температуру «холодный» электронный сгусток. По закону Кулона (открыт французским физиком Шарлем Кулоном в 1785 г.), описывающему силы взаимодействия электрических зарядов, между «холодными» и «горячими» частицами происходит интенсивный теплообмен, в результате пучок тяжелых протонов охлаждается и сжимается, что, собственно, и требуется экспериментатору.

Разумеется, сибирский метод столкновительного теплообмена — не единственный, но очень эффек-

тивный. Альтернативный стохастический значительно сложнее: горячую частицу «постукивают» сопротивлением с краев, заставляя колебаться с меньшей амплитудой. Неудобство в том, что он требует наблюдать за каждой из них, а не пучком в целом. Необходима сложнейшая аппаратура слежения, а это делает технологию на порядок дороже предложенной специалистами ИЯФа.

Однако несмотря на несомненные преимущества, новаторский метод Будкера долго шел к потребителю. Только семь лет спустя, в 1972 г., в лаборатории академика Александра Скринского группа молодых физиков под руководством Николая Диканского (академик с 2011 г.) приступила к созданию, образно говоря, холодильника для протонов. В марте 1973 г. здесь сконструировали накопитель антипротонов «НАП-М», а в мае следующего года провели первые опыты по охлаждению пучков. Потребовался почти год упорной работы, прежде чем пришел успех. До этого, признался Пархомчук, мало кто за пределами ИЯФа верил в него: ведь для воплощения смелой идеи требовалась высокая точность совмещения двух движущихся с околосветовыми скоростями сгустков заряженных частиц, но сибирякам удалось достичь ее.

В августе 1974 г. американский физик Роберт Вильсон писал Будкеру: «...Безусловно, наиболее замечательными из многих прекрасных работ ИЯФ являются ваши предварительные результаты по затуханию бета-протонных колебаний протонов при взаимодействии с электронами, т.е. охлаждение протонов. Если ваши предварительные результаты подтвердятся, это станет одним из наиболее существенных достижений в ускорительной технике».

**Электронный охладитель
для Института современной физики
(г. Ланжоу, Китай) и его создатели —
сотрудники Института ядерной физики
им. Г.И. Будкера СО РАН.
Фото из газеты «Энергия-импульс»**



**Установка электронного охлаждения
протонных пучков для ускорителя COSY,
разработанная в Институте
ядерной физики им. Г.И. Будкера.
Фото Центра общественных связей СО РАН**

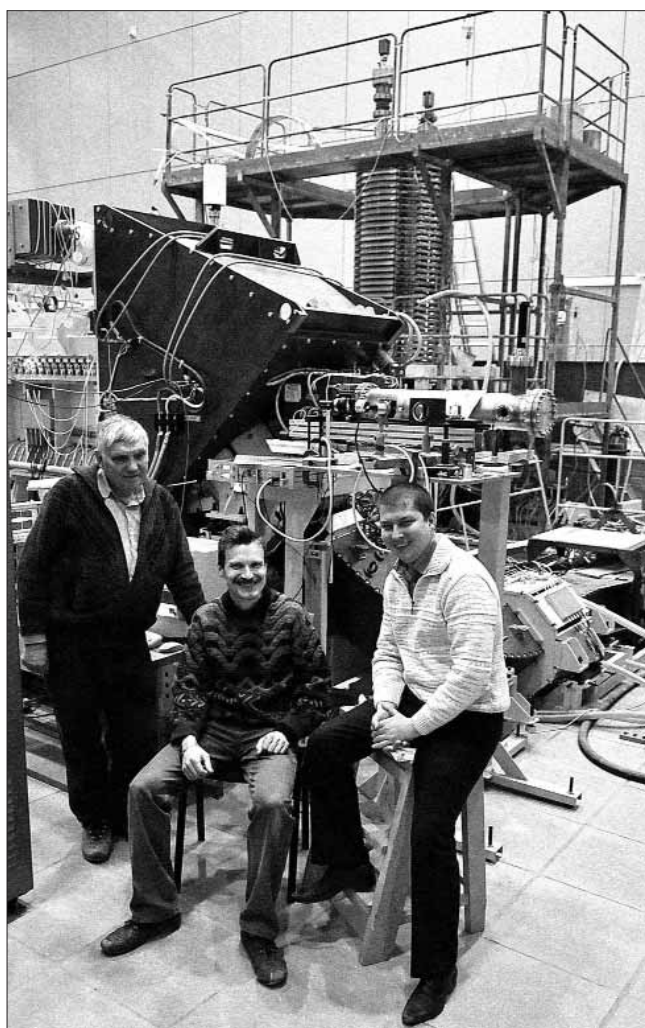
Слова будущего лауреата Нобелевской премии (1978 г.) оказались пророческими: результаты действительно подтвердились. Более того, они взбудоражили умы ученых в других лабораториях мира. «После первых успешных экспериментов, проведенных в ИЯФе, — рассказал Пархомчук, — многие научные центры взялись проверять этот метод: американцы — в Национальной ускорительной лаборатории им. Энрико Ферми, европейцы — в ЦЕРНе*, японцы — в Лаборатории ускорителей высоких энергий (КЕК), и с тех пор установки электронного охлаждения работают на многих ускорителях. Для изучения метода в СССР приезжала команда из Германии, и после этого немецкие коллеги построили хорошую установку в Центре тяжелоионных исследований (GSI) в Дармштадте. Но вторую машину для синхротрона «SIS-18» они заказали в ИЯФе, решив, видимо, что сибиряки лучше

*ЦЕРН — Европейский центр ядерных исследований (Швейцария) (прим. ред.).

понимают особенности электронного охлаждения. И она успешно работает с 1989 г. до сих пор. К слову, когда делегация ИЯФа посетила GSI (2005 г.), установка охлаждала пучки ионов рутения (Ruthenia — древнее название Руси) — элемента, открытого в нашей стране в 1844 г. немецким ученым, профессором Казанского университета Карлом Клаусом».

И только в 2002 г., когда метод электронного охлаждения тяжелых частиц стал доминирующим в мире, группе разработчиков (академику Александру Скринскому, членам-корреспондентам РАН Василию Пархомчуку, Николаю Диканскому, Игорю Мешкову, доктору физико-математических наук Дмитрию Пестрикову, докторам технических наук Рустаму Салимову и Борису Сухине) присудили Государственную премию РФ в области науки и техники. Гершу Будкеру — посмертно.

В настоящее время метод хорошо разработан теоретически, исследован и освоен. Он стал прекрас-



Директор Института ядерной физики им. Г.И. Будкера член-корреспондент РАН Василий Пархомчук (слева) с коллегами Владимиром Ревой и Максимом Брызгуновым. На заднем плане — новая установка электронного охлаждения протонных пучков для Исследовательского центра Юлиха (Германия). Фото В. Новикова

ным инструментом для охлаждения практически всех элементов Периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева. Только в 1988–1992 гг. в различных центрах мира появилось 9 электронных холодильников. Среди их производителей ИЯФ занимает лидирующие позиции — около 80% такой техники производят именно в Новосибирске.

В последние годы здесь подготовили проект установки электронного охлаждения с энергией электронного пучка в 350 кэВ, легко модернизируемой до 1,5 МэВ. Основанная на технологиях, развитых и отработанных в институте, она состоит из соленоида, магнитной системы транспортировки пучка, электронной пушки, коллектора и блока высоковольтного питания.

Этой машиной заинтересовались в Институте современной физики (г. Ланжоу, Китай). На изготовление двух ИЯФ заключил контракт, завершившийся поставками техники в Поднебесную в начале 2000-х годов.

Следует отметить: разработки сибирских физиков были использованы при создании Большого адронного коллайдера* — кольцевого ускорителя и накопи-

теля встречных пучков протонов, введенного в эксплуатацию в 2009 г. в ЦЕРНе. Дело в том, что циркулирующие в таких системах тяжелые частицы слишком «горячие» (с большим разбросом по кинетической энергии протонов из-за их поперечного движения). Магнитные линзы ограничивают их «расплывание» ценой нарастания поперечных колебаний. Справиться с этой проблемой помогла будкеровская идея электронного охлаждения. На одном из линейных участков рядом с пучком протонов «впрыскивают» холодный сгусток электронов, движущийся примерно с той же скоростью. Какое-то время они, перемешиваясь, летят вместе, при этом протоны охлаждаются за счет столкновений с электронами, после чего их пути вновь разделяются в магнитном поле.

Электронный холодильник, сделанный в ИЯФе и установленный на ионном накопителе низкой энергии LEIR Большого адронного коллайдера, подчеркнул Пархомчук, стал ключевым звеном в эксперименте, позволившем в конце 2010 г. при рекордных энергиях впервые наблюдать новое физическое явление — подавление кварк-глюонных струй (материи, возникающей при взаимодействии ионов).

Теперь подобную машину получит Исследовательский центр Юлиха, где помимо ядерной физики изучают проблемы высокотемпературной плазмы, управляемого термоядерного синтеза и синхротронного излучения, проводят междисциплинарные исследования в области здравоохранения, энергетики, окружающей среды и информационных технологий. Соглашение о научно-техническом сотрудничестве с ним Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера подписал в мае 2011 г. Однако работать над первой установкой для немецких коллег здесь начали два с лишним года назад. В ноябре 2011 г. прошли первые испытания машины «на прочность» — пробное «впрыскивание» пучка электронов в ее магнитную систему. После финальных экспериментов готовое многотонное изделие демонтируют и отправят в Германию для электронного охлаждения интенсивных пучков протонов на накопителе COSY. По утверждению Пархомчука, «подключение нашей установки к хорошему ускорителю превращает его в очень хороший». А это дает шанс заполнить некоторые пробелы в современной теории физики элементарных частиц.

Надточий А. Электромагнитный сонет. — Газета «Наука в Сибири», 2012, №5

Иллюстрации из интернет-источников

Материал подготовила Марина ХАЛИЗЕВА

*См.: Л. Смирнова. Мегапроект XXI в. — Наука в России, 2009, № 5 (прим. ред.).

ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ: ОТ ТЕЛЕВИЗОРА ДО АНТИБИОТИКОВ

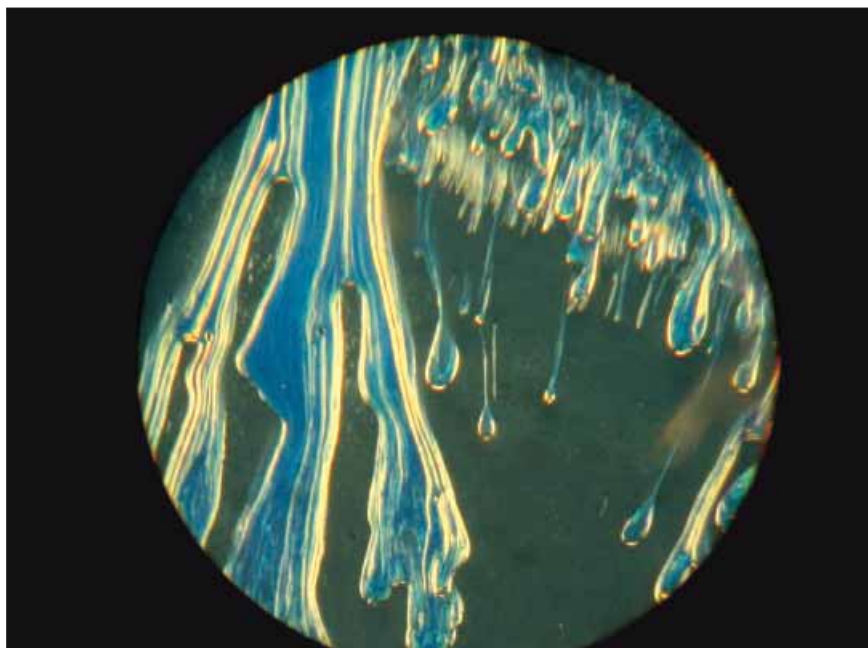
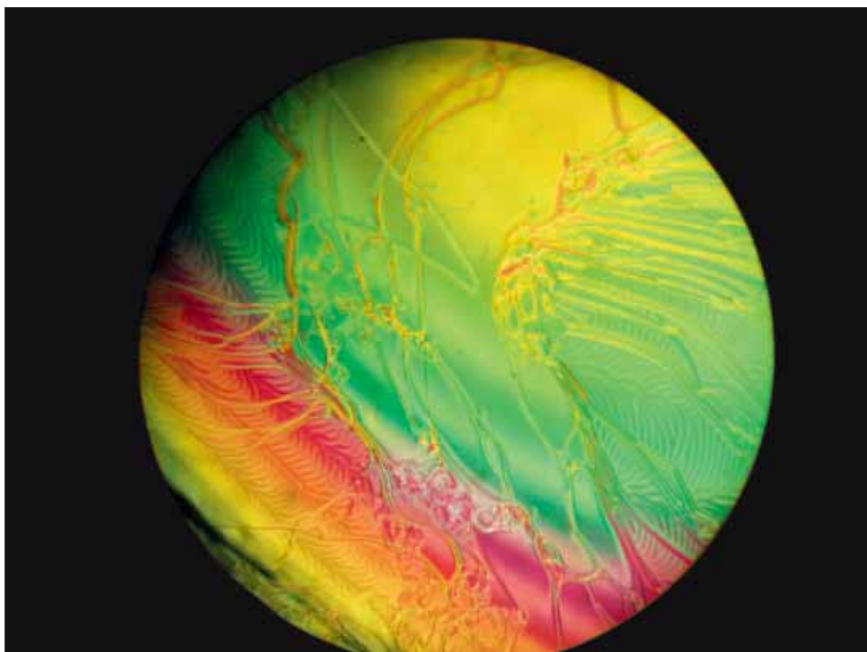


В феврале 2012 г. в зале президиума Уральского отделения РАН состоялся российско-британский круглый стол, посвященный развитию гетероциклической химии. Встреча была организована Генеральным консульством Великобритании в Екатеринбурге, Уральским федеральным университетом и Уральским отделением РАН. Как рассказала читателям газеты «Наука Урала» Мария Бычкова, уральские ученые, в частности из Института органического синтеза им. И.Я. Постовского (ИОС), тесно со-

трудничают с коллегами из Великобритании в этой области знаний. Правда, в Англии больше заняты созданием соответствующих новых материалов и изучением жидких кристаллов, а наши отечественные исследователи сосредоточились на разработке новых противовирусных препаратов.

Выступивший с докладом профессор Дункан Брюс из Университета Йорка остановился на удивитель-

Исследования кристаллов в лаборатории.

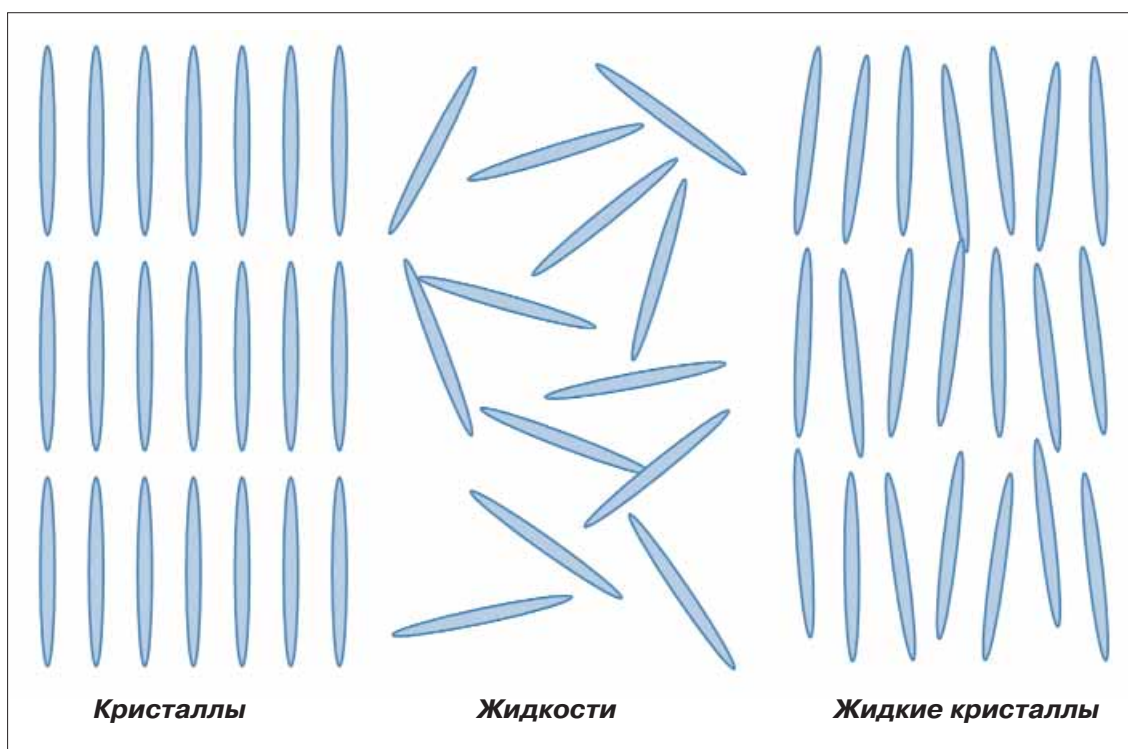


**Жидкокристаллические
состояния веществ,
наблюдаемые под микроскопом.**

ных свойствах рассмотренных на заседании жидких кристаллов, которые занимают промежуточное положение между жидкостями и твердыми телами, обладая свойствами и тех, и других. А уникальное сочетание упорядоченного положения их молекул и текучести обуславливает анизотропность интересующих специалистов явлений — зависимость свойств от направленности действия. При этом английский ученый продемонстрировал разнообразные формы последних, похожих на цепь, кольцо, круг пиццы или даже банан. Ныне на мировом рынке хорошо знают так называемые плоскопанельные дисплеи — речь

идет о телевизорах, телефонах, калькуляторах, всего не перечислить. Но зачастую мы и не подозреваем, как часто сталкиваемся с жидкокристаллическими структурами в целом в повседневной жизни. Скажем, из них состоят клеточные мембраны нашего организма, в быту они — основа активных компонентов всех моющих средств. А паутина прочна именно потому, что проходит жидкокристаллическую стадию перед тем, как «застыть».

Далее профессор Брюс подчеркнул, что изучение жидких кристаллов в перспективе сулит человечеству массу открытий и разработку абсолютно новых



Схематическое изображение веществ.

веществ, так называемых метаматериалов, обладающих свойствами, не предусмотренными природой. В частности, в Британии ученые уже интегрировали молекулы металла в молекулы жидких кристаллов. В итоге появились прототипы жидкокристаллических дисплеев нового поколения и новые, не доступные ранее структуры жидкокристаллических веществ. Кстати, соавторы этих работ — сотрудники уральского ИОС Дмитрий Кожевников и его брат Валерий.

Затем на заседании в Екатеринбурге академик Валерий Чарушин представил достижения сотрудников ИОС. Он отметил: речь идет о появлении незнакомого ранее семейства противовирусных препаратов на основе гетероциклических соединений. Их значение в развитии медицинской химии и биологии первостепенно — в структуру большинства биологически важных молекул входят соответствующие фрагменты, вот почему они крайне важны при создании новых лекарственных препаратов. И в качестве примера ученый привел выдающееся достижение известного химика, академика с 1970 г. Исаака Постовского, чье имя носит Институт органического синтеза. В свое время на основе гетероциклических соединений он создал один из первых в мире антибактериальный препарат — сульфидин; его дело успешно продолжают последователи под руководством академиков Олега Чупахина (с 1992 г.) и самого Чарушина. Теперь в лабораториях ИОС исследователи с помощью компьютерного моделирования молекулярных структур синтезировали новое семейство

антивирусных препаратов, аналогичных по структуре основаниям ДНК. Валерий Чарушин остановился еще на одном направлении развития гетероциклической химии — введении в соединения атомов фтора. Уникальность последнего в необычайной активности: он повышает растворимость органических молекул в жирах, способствует их проникновению через клеточные мембраны и задерживает некоторые специфические ферменты. В результате уральские химики являются лидерами в создании антибиотиков фторхинолонового ряда на основе фторсодержащих соединений. Разработанный ими антибактериальный препарат «пемфлосаксин» разрешен к медицинскому применению и производится промышленностью. А по статистике более 20% создаваемых сегодня лекарств имеют гетероциклическую структуру с содержанием атомов фтора. Еще одно достижение местных специалистов — асимметрический синтез «левофлоксацина». Этот метод запатентовали в Японии, Южной Корее и ряде других странах.

Бычкова М. Химия гетероциклов: новые материалы и лекарства. — Газета «Наука Урала», 2012, № 4-5

Иллюстрации из интернет-источников

Материал подготовила Ольга АРТЮХИНА

ГАЗОАНАЛИЗАТОРНЫЕ ДАТЧИКИ «ОПТОСЕНСА»

Марина ХАЛИЗЕВА, журналист

В конце 2011 г. в Санкт-Петербурге проектная компания «Оптосенс» государственной корпорации «Роснано» открыла новую производственную линию по выпуску оптических компонентов для инфракрасных датчиков взрывоопасных газов, отличающихся высокими потребительскими свойствами благодаря использованию нанотехнологий. Здесь каждый год будут выпускать до 120 тыс. инновационных устройств, в которых нуждаются нефтегазовая, химическая, угледобывающая промышленность, электроэнергетика, телекоммуникационные сети и жилищно-коммунальное хозяйство.

Проект... можно смело назвать социальным, — утверждает в распространенном «Роснано» пресс-релизе генеральный директор компании Александр Максютенко. — Наша продукция применяется на предприятиях повышенной опасности, где любая авария сопряжена с угрозой человеческой жизни. И диагностическое оборудование, к которому и относятся наши датчики, позволяет это предотвратить. Приборы старого поколения быстро ломаются в тяжелых условиях эксплуатации при наличии в воздухе «отравляющих» сенсор газов, выдают непра-

вильные показания при повышенной влажности или отсутствии кислорода. Датчики «Оптосенс» к этому абсолютно устойчивы. Поэтому потребители нашей продукции могут быть всегда уверены, что будут предупреждены о повышении концентрации взрывоопасных газов в любых условиях».

Напомним: компания появилась на рынке в 2009 г., однако ее история корнями уходит в 1990-е годы. Именно тогда, в 1995 г., две петербургские фирмы «ЭМИ» (IGM Instruments) — разработчик приборов и оборудования для контроля газовых и жидких сред

**Малогобаритные датчики
токсичных и взрывоопасных газов
компании «Оптосенс».**



и «ИКО» (Infrared Components Ltd.) — изготовитель инфракрасных полупроводниковых компонентов (светодиодов и фотоприемников) объединили усилия для создания нового поколения газоанализаторов на основе полупроводниковых оптопар* собственного производства. Научно-техническая стратегия новой команды опиралась на идеи Михаила Максютенко, брата нынешнего генерального директора «Оптосенса», и Александра Литвака, прошедших школу Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе**. Теперь первый занимает в компании пост технического, а второй коммерческого директора. Под их руководством специалисты объединенного коллектива и развивали оптические технологии газового анализа, создавая инновационные аналитические приборы для различных сфер применения. Хорошим подспорьем для реализации замыслов было собственное производство оптоэлектронных компонентов, светодиодов и фотоприемников, позволяющее оперативно реагировать на требования, предъявляемые к новым продуктам. Последняя новация петербургских специалистов — малогабаритный оптический датчик метана и углеводородов — результат пятнадцатилетней кооперации двух отечественных фирм.

Сенсорное устройство обладает уникальным сочетанием фотозлектрических характеристик: высокой чувствительностью и быстродействием (скорость срабатывания от 5,5 с против 10 с у конкурентов), долговечностью (срок его службы до 8 лет, у зарубежных аналогов — до 5), устойчивостью в работе при высокой влажности и отсутствии кислорода, ультранизким энергопотреблением — от 7 мВт. Если бы по-

следним качеством обладал мобильный телефон, говорят разработчики, то его заряжали бы всего 4 раза в год. К тому же прибор выгодно отличается по стоимости. «Термокаталитические датчики, установленные, например, в шахте, работают не больше года при цене 30–35 евро, — отметил побывавший на новом производстве глава «Роснано» Анатолий Чубайс, — а датчики «Оптосенса» гарантированно работают 8 лет и стоят 100 евро».

Заметим, принцип измерения, заложенный в устройство, основывается на инновационных технологиях NDIR (non-dispersive infrared — бездисперсионный инфракрасный), появившихся в мире во второй половине XX в. Но тогда оптические газоанализаторы были громоздкими из-за включения в их конструкцию механической детали — обтюлятора* — вращающегося диска с интерференционными фильтрами, обеспечивающего модуляцию сигнала от лампы накаливания. Усовершенствованный вариант был предложен специалистами английской фирмы «E2V» в середине 1990-х годов. Новизна разработки состояла в применении импульсной лампы накаливания в качестве источника инфракрасного излучения и пироэлектрических фотодетекторов. В результате устройство «потеряло» механический обтюлятор и существенно уменьшилось в габаритах. Кроме того, резко повысились его надежность и эффективность при измерении концентрации газа. И хотя прибор нельзя было использовать автономно (он потреблял большое количество энергии — не менее 200 МВт), предприятия топливно-энергетического комплекса по достоинству оценили его.

Однако ученые продолжали поиск альтернативных технологий газового анализа углеводородов, основанных на использовании полупроводниковых эле-

*Оптопара — электронный прибор, состоящий из излучателя света (обычно светодиода) и фотоприемника, связанных оптическим каналом и, как правило, объединенных в общем корпусе (прим. ред.).

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

*Обтюратор (от лат. obturo — закрываю) — механическое устройство, служащее для перекрытия потока света или иного излучения в оптических приборах (прим. ред.).



Один из важных этапов технологического производства датчиков – напыление полупроводникового материала в вакуумной установке.

ментов: светодиодов и фотодиодов, работающих в спектральном диапазоне 3000–4000 нм. Такие работы особенно активно велись в Великобритании и России. Но в результате наши специалисты из «Оптосенса» опередили конкурентов на несколько шагов. Им впервые удалось совместить в одном продукте — датчике — пять важнейших параметров: компактность, устойчивость к дестабилизирующим температурным факторам, быстрое действие, длительный срок службы и низкое энергопотребление.

По габаритам датчики не больше перепелиного яйца — этого удалось достичь благодаря системе параболических минизеркал с высоким коэффициентом светопередачи. Эффект влияния температур на стабильность их работы был уменьшен с помощью новых типов светодиодов, имеющих оптимизированный спектр излучения, и специализированных алгоритмов обработки сигналов. Самые же выдающиеся характеристики получены благодаря использованию в ключевых элементах датчика — источниках излучения и фотогальванических приемниках — поликристаллических наноразмерных слоев на основе полупроводниковых материалов системы PbSe (селенид свинца) — CdSe (селенид кадмия), что обеспечило прибору высокую чувствительность, температурную стабильность и долговечность. Отметим, все ноу-хау защищены патентами РФ.

На первых порах, когда речь шла о единичном производстве, команда опиралась на собственные ресурсы. Однако чтобы вывести разработку на уровень промышленного производства, потребовались более масштабные финансовые вложения. «Мы пытались найти зарубежных инвесторов, — рассказывал корреспонденту информационной радиостанции «Коммерсантъ-ФМ» Александр Максютенко. — Но не так просто российской компании, находящейся на стадии развития, привлечь инвестиции. Если в России

есть достаточно интересная технология, то западные инвесторы, скорее, рассматривают возможность дешево ее получить и развивать самостоятельно».

Первый инвестиционный проект, заключенный в 2005 г. с ОАО «Российская электроника» (Москва), потерпел фиаско. И только через 4 года, после того как разработки оценили два крупных «игрока» — корпорация «Роснано» и фирма «РЭКС» («Радиоэлектронные комплексные системы») из Санкт-Петербурга — дела приняли другой оборот. Совместные усилия партнеров и привели к созданию в 2009 г. компании «Оптосенс». За два последних года технические решения и качество ее продукции были признаны ведущими мировыми сертификационными организациями, что открыло дорогу к серийному производству и выходу на международный рынок.

Сейчас в Санкт-Петербурге на новой линии налажен выпуск трех модификаций датчиков для измерения концентрации метана и углеводородов: МГД-02-1-XX, МГД-02-2-XX и МИП ВГ-02-Х-XX. Напомним, ее мощности рассчитаны на выпуск примерно 120 тыс. изделий, хотя к 2015 г. компания намерена нарастить объемы до 300–400 тыс. Интерес к разработкам «Оптосенса» проявили более 50 производителей газоаналитического оборудования из европейских стран, США и Китая. Они и будут ее основными потребителями. В нашей стране, по словам Максютенко, останется не более 10% выпуска. Правда, уже в ближайшие годы компания намерена существенно расширить сотрудничество с российскими партнерами, работающими в области газового анализа.

Иллюстрации с интернет-сайта госкорпорации «Роснано»

ТВС-КВАДРАТ ДЛЯ РЕАКТОРОВ ЗАПАДНОГО ДИЗАЙНА



Компания «ТВЭЛ» государственной корпорации «Росатом» подписала договор с фирмой «Vattenfall Nuclear Fuel AB» (Швеция) на поставку опытной партии топлива новой конструкции для атомной электростанции «Рингхальс-3», распо-

ложенной на полуострове Варо, в 60 км к югу от Гётеборга. Сначала оно, согласно контракту, пройдет квалификацию на Новосибирском заводе химконцентратов, что займет несколько лет, а затем, в 2014 г., 4 или 8 отечественных ТВС (тепловыделяющих сбо-

*Проверка и отбор тепловыделяющих элементов на производственной линии
Новосибирского завода химических концентратов.
Фото А. Денисова (из архива РИА «Новости»).*



Сборочный цех ТВС Новосибирского завода химических концентратов.

Фото А. Денисова (из архива РИА «Новости»).



Выходной контроль готовых топливных сборок для атомных реакторов на Новосибирском заводе химических концентратов.

Фото Р. Кривобок (из архива РИА «Новости»).

рок)* отправят в Швецию. В настоящее время там работают три АЭС с десятью реакторами, обеспечивающими ~45% генерации электроэнергии страны. Крупнейшая из них — «Рингхальс-3» — снабжена четырьмя котлами, вырабатывающими пятую часть этого объема. Успешная реализация проекта, утверждают эксперты, позволит российскому производителю выйти на новый крупный рынок реакторов западного дизайна и расширить глобальный бизнес «Росатома».

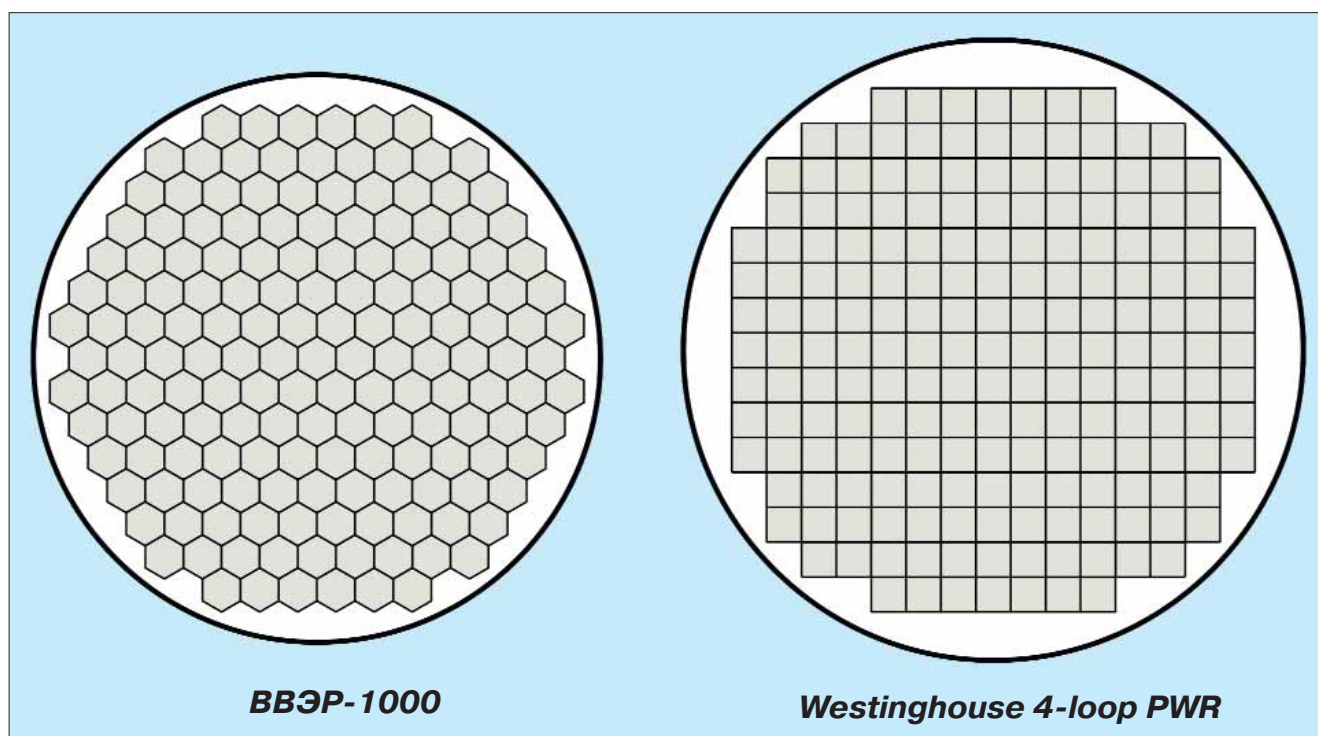
О том, какое значение придают этому соглашению в компании «ТВЭЛ» и какие перспективы оно сулит нашей стране, корреспонденту «Российской газеты» Александру Емельяненко рассказал ее вице-президент Василий Константинов.

Предложенное скандинавским партнерам топливо ТВС-Квадрат (ТВС-К), над созданием которого в

*ТВС — конструктивный элемент активной зоны ядерного реактора, обеспечивающий надежный отвод тепла от топлива к теплоносителю, состоящий из тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов), в которых содержится делящееся вещество, дистанционирующих решеток, хвостовика и головки, а в ряде случаев — еще и кожуха (прим. ред.).

«Росатоме» работали с 2002 г., отметил он, предназначено для господствующих на Западе реакторов с водой под давлением PWR (pressurized water reactor). В основу его конструкции положен многолетний опыт изготовления и эксплуатации ТВС для распространенных в нашей стране атомных котлов ВВЭР-1000*. Основные особенности нового машиностроительного изделия связаны прежде всего с формой его поперечного разреза. В отличие от традиционных отечественных сборок, созданных еще во времена СССР и базирующихся на гексагональном (шестигранном) сечении, ТВС-К имеет прямоугольную конфигурацию (что и нашло отражение в названии топливной сборки). В таком, образно говоря, карандаше плотно собраны, скреплены и обеспечены средствами управления 17×17 рядов ТВЭЛов длиной 12 футов (фут — 30,48 см).

*ВВЭР (водо-водяной энергетический реактор) — ядерный реактор с водой под давлением, одна из наиболее удачных ветвей развития ядерных энергетических установок, получившая широкое распространение в мире (прим. ред.).



Активные зоны российских ВВЭР-1000 и распространенного на Западе реактора PWR американской компании «Westinghouse» мощностью 950–1250 МВт.

«Другое сечение, — объяснял Константинов, — значит, другие нагрузки, другие процессы, другие технологии, да и сами реакторы другие. Если хотите, это был вызов, на который мы сознательно пошли. Основанием для принятия решения о новой конструкции ТВС послужили два главных фактора: разработка ядерного топлива для новых поколений ВВЭР-1000 — условных аналогов реактора PWR-900 западного дизайна и, конечно, наличие конструкторского и производственного потенциала у российских предприятий и институтов для создания такой продукции».

На научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, испытания и подготовку промышленного производства ушло 5–6 лет. По меркам атомной отрасли, где полагается не 7, а 17 раз отмерить, срок почти рекордный. Среди коллективов, принимавших участие в реализации амбициозного проекта, Константинов выделил московский Высотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов им. А.А. Бочвара* — ведущее предприятие «Росатома», где создают делящиеся, радиоактивные, конструкционные, сверхпроводниковые и наноматериалы. Именно там спроектировали тепловыделяющие элементы (циркониевую оболочку и сами урановые таблетки) для ТВС-К. В Физико-энергетическом институте им. А.И. Лейпунского (г. Обнинск Московской области) выполнили теплофизические эксперименты, в Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт»

обосновали прочность новых сборок. Главным конструктором стало нижегородское Опытно-конструкторское бюро машиностроения им. И.И. Африкантова. Словом, новый инновационный продукт «Росатома» появился на свет благодаря слаженной кооперации нескольких отечественных предприятий атомной отрасли.

В ТВС-К, подчеркнул Константинов, использованы уже апробированные и положительно зарекомендовавшие себя конструкторские решения по каркасу и дистанционирующей решетке, позволяющие повысить эксплуатационную надежность ядерного топлива в реакторах PWR. Сборка изготовлена из современных российских сплавов на основе циркония, производством которых давно занимается входящий в структуру «ТВЭЛа» Чепецкий механический завод (г. Глазов, Республика Удмуртия).

Напомним, ТВС-К, согласно контракту, будет проходить апробацию в цехах Новосибирского завода химконцентратов, хотя аналогичное предприятие топливного концерна — ОАО «Элемаш» (г. Электросталь Московской области) — имеет гораздо больший опыт взаимодействия с зарубежными заказчиками. Но именно сибиряки проявили интерес к теме и активно продвигали ее, поэтому руководство «ТВЭЛа» сочло разумным использовать для новаторского проекта их конструкторские, проектные и технологические идеи.

Шведская энергетическая кампания «Vattenfall Nuclear Fuel AB» первой из зарубежных партнеров получит опытную партию ТВС-К для лицензирова-

*См.: М. Хализева. Провода с прочностью стали. — Наука в России, 2012, № 3 (прим. ред).



Атомная электростанция «Рингхальс-3» (Швеция).

ния и последующего использования на АЭС «Рингхальс-3». В настоящее время рынок топлива для PWR контролируют два глобальных поставщика: франко-германская фирма «Areva NP» и американская «Westinghouse Electric Company»; они и поставляют сборки для шведов. Но в руководстве «Vattenfall Nuclear Fuel AB» не скрывают желания расширить технологические возможности за счет получения российской ТВС-К с улучшенными характеристиками. «Качество продукции «ТВЭЛа» полностью соответствует нашим ожиданиям, — заявил в марте 2012 г. в ходе визита на ОАО «Элемаш» генеральный директор шведского концерна Пер-Олоф Нестенборг, — поэтому мы ее и заказали. Очень важно подчеркнуть, что мы не тестируем, а верифицируем сборки (подтверждаем соответствие продукта предопределенным эталонным требованиям). То есть мы доверяем опыту «ТВЭЛа» в эксплуатации топлива для реакторов ВВЭР и верим в возможность его изготовления для других типов реактора».

Тем не менее, несмотря на лестные отзывы, нашей компании еще предстоит побороться за «место под солнцем». Когда «ТВЭЛ» выйдет на шведский рынок, он, как и два других зарубежных производителя, будет участвовать в тендере на коммерческие перегрузки топлива. Однако это ничуть не смущает нашего производителя. Константинов напомнил, что все имеющиеся сейчас в портфеле долгосрочные контракты по поставкам топлива компания выигрывала по результатам именно таких торгов.

В настоящее время она является практически монопольным поставщиком ТВС для реакторов российского дизайна. Однако несколько лет назад

«Westinghouse» предприняла попытку потеснить отечественного гиганта на «собственном» рынке, закончившуюся подписанием контракта на коммерческие поставки в 2011–2015 гг. ядерного топлива для атомных станций Украины, где стоят наши энергетические машины. Американские сборки уже эксплуатируют на втором и третьем блоках Южно-Украинской АЭС. В 2012 г. их будут загружать в пятый блок Запорожской АЭС.

Но и «ТВЭЛ» решил не останавливаться на достигнутом: подписав договор со шведским компаньоном, фирма создала неплохие предпосылки для расширения влияния на мировом рынке ядерной продукции. Константинов не исключил, что вслед за опытной партией на Скандинавский полуостров могут последовать и другие поставки ТВС-К за рубеж — условия первого контракта этого не запрещают. Пока на топливе с торговой маркой «ТВЭЛ» работают 76 энергетических реакторов в России и 15 государствах Европы и Азии (17% мирового рынка), а также 30 исследовательских установок в разных частях света. Но уже в ближайшие годы эти цифры могут существенно вырасти.

Емельяников А. В Швецию — со своим квадратом. — «Российская газета», 2012, № 46

Иллюстрации из Википедии

Материал подготовила Марина МАЛЫГИНА

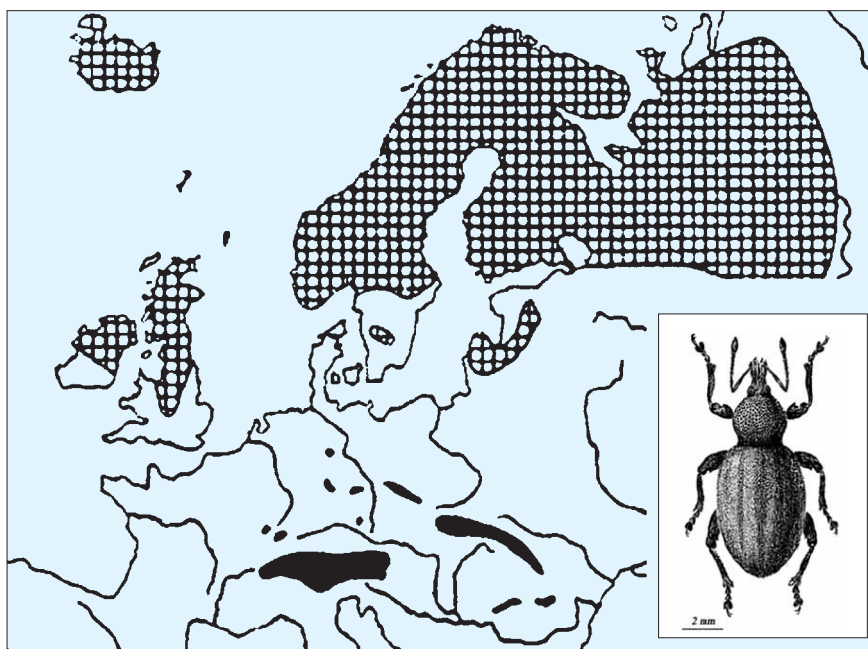
ЭВОЛЮЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КЛОНАЛЬНЫХ ВИДОВ: МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?



Кандидат биологических наук Наталья КУТЛУНИНА,
доцент кафедры ботаники Уральского федерального университета,
кандидат биологических наук Михаил КНЯЗЕВ,
заведующий лабораторией Ботанического сада УрО РАН (Екатеринбург)

Клональные организмы — не только продукты экспериментов научных лабораторий, это вполне обычное явление в живой природе. Однако природные клоны таят в себе немало загадок. Например, каким образом некое растение, давно утратившее способность к семенному размножению, смогло распространить своих потомков на огромной территории в сотни квадратных километров? Как ему удастся опередить полноценных во всех отношениях конкурентов? Почему некоторые клоны оказываются как бы вне влияния времени и среды? Их не разрушает старение, не пожирают вечно меняющиеся враги, они, неподвижные, не тонут в непрерывно текущем мире? На подобные вопросы пока нет исчерпывающих и однозначных ответов. Предложенные нами гипотезы не являются бесспорными, однако, на наш взгляд, могут послужить толчком к новым научным поискам.

*Партеногенез встречается не только у беспозвоночных животных, но и у крупных позвоночных.
На фото: комодский варан (*Varanus komodoensis*), вылупляющийся из партеногенетического яйца.*



Полиплоидные партеногенетические расы долгоносика (*Otiorhynchus nodosus*) распространены в Европе значительно шире (штриховка), чем двуполые диплоидные расы (черный цвет). (По данным С. Гребельного, 2008 г.).

Термин «клонирование» означает получение естественным или искусственным способом нескольких генетически идентичных организмов путем бесполого размножения. Слово пришло в русский язык из английского «clone, cloning», хотя корни у него греческие: κλών — веточка, побег, отпрыск. Первоначально оно обозначало группу растений, полученных от одного «родителя» вегетативным способом. Позже его стали использовать применительно к бактериям, животным, а гипотетически даже к человеку, когда речь шла о генетически идентичных линиях одного предка. Особенно часто этим термином обозначают технологию получения генетически идентичных организмов, известную как замещение клеточного ядра. Сама же тема клонирования в последние годы стала чрезвычайно популярной как в научной среде, так и в средствах массовой информации, художественной литературе, кинематографе. Конечно, наибольший интерес вызывает все, что связано с «копированием» человека. Сразу оговоримся, что этот вопрос имеет глубокий научный и нравственный подтекст, но в данной статье обсуждаться не будет.

Если технологии искусственного клонирования (особенно в отношении животных) переживают в настоящее время становление, требуя от исследователей преодоления многочисленных трудностей, то природа за многие миллионы лет назад успешно освоила этот процесс и продолжает свои эксперименты. В животном мире оно характерно для наиболее примитивных таксонов (кораллы, морские звезды), хотя встречается и у достаточно «продвинутых». Ряду беспозвоночных и позвоночных присущ партеногенез — развитие яйцеклетки без оплодотворения. В результате появляется генетически идентичное потомство. Скажем, в фантастическом романе Аркадия

и Бориса Стругацких «Улитка на склоне» (написанном задолго до современных сенсационных экспериментов по клонированию) в некоем таинственном Мире властительницы-колдуньи, особи, рождающие дочерей без участия мужчин, подчиняют природу, изменяют историю. Однако отметим, описанная писателями фантазмагория имеет реальную основу. Партеногенез встречается у коловраток, низших ракообразных, насекомых, пресмыкающихся, акул, некоторых одомашненных птиц (цесарок). У большинства животных он приурочен к определенному моменту жизненного цикла и служит приспособлением к условиям окружающей среды (циклический партеногенез дафний). Лишь в редких случаях формируются таксоны, вообще не нуждающиеся в оплодотворении. К примеру, известен целый класс коловраток *Bdelloidea*, которые около 80 млн лет существуют без полового размножения.

Для мокриц и долгоносиков установлено, что обоеполые и партеногенетические расы одного вида разобщены географически, при этом показано, что формы с половым размножением удерживают древние (реликтовые) участки ареала, а партеногенетические осваивают новые, нередко весьма обширные территории, например, освободившиеся от ледникового щита 10 тыс. лет назад. Таким образом, у животных организмов партеногенез играет важную приспособительную роль, как одна из стадий их жизненного цикла или при освоении прежде не занятых видов территорий.

У большинства многолетних растений природное клонирование связано с наличием вегетативного размножения. У имеющих короткие корневища формируется плотный клон — «куст», «куртина» (по англ. «phalanx»). При наличии длинных корневищ, столо-

**Клон тополя осинообразного
(*Populus tremuloides*)
в американском штате Юта
насчитывает около 47 тыс. стволов
и занимает 43 га.**



нов* или иных пропагул**, позволяющих распространяться на значительные расстояния, формируются обширные, но рыхлые клоны — эта форма роста называется «партизан» («guerilla»).

Человек научился с пользой для себя использовать естественное природное свойство. Клонирование играет огромную роль в сельском хозяйстве, где существует понятие сортов-клонов (у картофеля, гладиолусов, бегонии, винограда, яблони и др.).

Однако так же, как у марсиан в «Войне миров» английского писателя Герберта Уэллса, у клонов есть ахиллесова пята — они более восприимчивы к болезням, чем популяции с половым размножением. Последние значительно разнообразнее и при эпидемии (эпизоотии, эпифитотии) гибнут относительно немногие неудачники. Как бы ни были многочисленны особи, порожденные вегетативным или партеногенетическим размножением, при появлении новой болезни они обречены на тотальное вымирание. К примеру, в Великобритании после заражения в 1920-е годы английского вяза (*Ulmus procera*) паразитическим грибом «голландской болезни» (*Ceratocystis ulmi*) и гибели миллионов деревьев, было исследовано генетическое разнообразие немногих уцелевших. Оказалось, что все они генетически идентичны. На континенте тот же вид вяза более устойчив к «голландской болезни», поскольку распространяется преимущественно семенами.

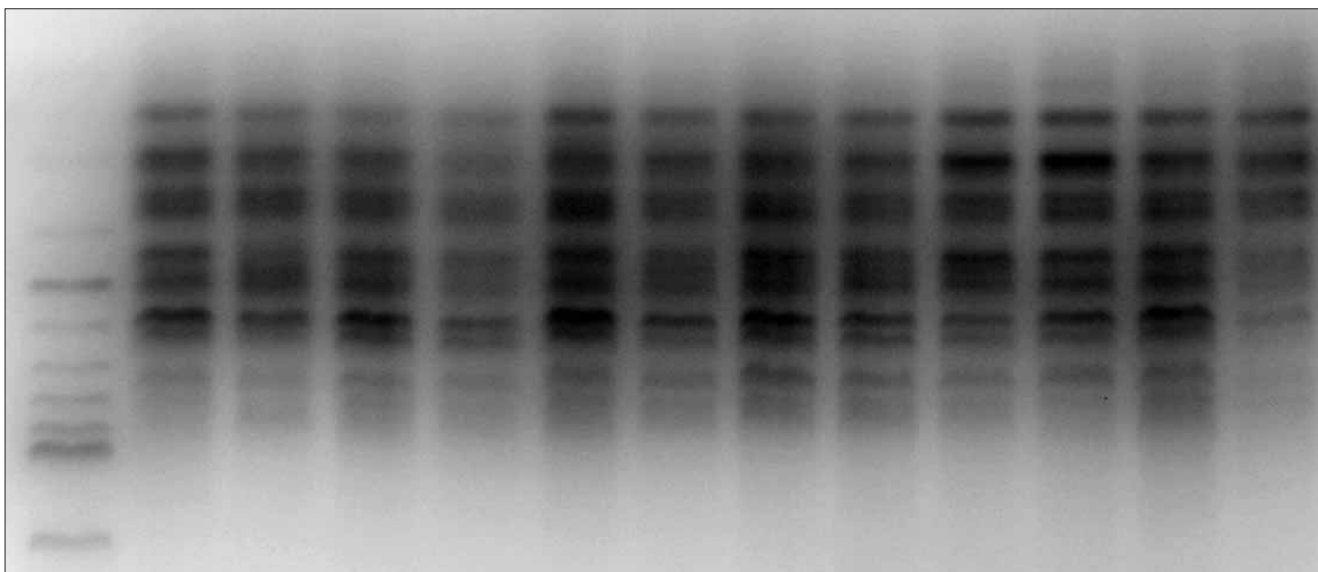
Растения, способные только к вегетативному размножению, получают замечательную фору в «шах-

матной партии жизни»; они успешно теснят конкурентов, обремененных «семейными хлопотами», заплатаив за эти преимущества, казалось бы, немалым — отсутствием разнообразия. В связи с этим возникает ряд вопросов. Как часто у клональных видов формируется полная стерильность? Каковы причины и последствия этого явления? Как широко могут расселяться клоны и как долго существовать? Пытаясь ответить на них, мы предприняли изучение генотипического разнообразия и отдельных элементов репродуктивной системы у ряда клональных видов, принадлежащих к разным семействам, имеющих несхожие типы вегетативного размножения и ареалы. В их числе ряска трехдольная (*Lemna trisulca* L.), гладиолус тонкий (*Gladiolus tenuis* Bieb.), флокс сибирский (*Phlox sibirica* L.), несколько видов солодок (*Glycyrrhiza glabra* L., *G. korshinskyi* Grig., *G. uralensis* Fisch.), клевер ползучий (*Trifolium repens* L.), мятлик луковичный (*Poa bulbosa* s.l.), сердечник трехнадрезный (*Cardamine trifida* (Lam. ex Poiret) B.M. Jones), тюльпан Биберштейна (*Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult.) и тюльпан приречный (*T. riparia* Knjas. Kulikov et Philippov). Для оценки генотипического разнообразия и выявления клонов использовали изоферментный и ДНК-анализ, в частности ISSR-маркирование (Inter Simple Sequence Repeats), т.е. выявление полиморфизма межмикросателлитных участков генома.

У большинства изученных нами видов выявлено сочетание вегетативного и семенного размножения и формирование поликлональных популяций. В определенных условиях клоны формируются на довольно больших площадях (от десятков до сотен квадратных метров). Так, они обнаружены у тюльпана Биберштейна под пологом леса. Это растение использует

*Столон — боковой побег с удлиненными междоузлиями и недоразвитыми листьями, на которых развиваются клубни, луковицы, розеточные побеги (прим. авт.).

**Пропагула — структура вегетативного размножения (выводковые почки, луковички, отводки) у высших растений (прим. авт.).



При ISSR-анализе сравнивается характер бэндов (полосок) на геле. Каждый бэнд — участок ДНК между двумя микросателлитами (небольшими повторяющимися участками). На участке геля в первой позиции — маркер молекулярного веса, в остальных — образцы из трех популяций гладиолуса тонкого. Полное сходство образцов по всем 10 праймерам (фрагментам) оценивалось как генетическая идентичность и, соответственно, принадлежность к одному клону.

преимущества вегетативного размножения в условиях затенения, угнетающего семенное воспроизводство. На открытых степных участках последнее восстанавливается в ущерб первому, при этом выявляются клоны на небольших площадях и высокий генетический полиморфизм. В данном случае «единство и противоположность» полового и клонального размножения обеспечивают успешность вида в целом. Оценка генотипического разнообразия тюльпана Биберштейна, как и других объектов нашего исследования, подтверждает уже ставшие классическими представления о достаточно высоком уровне генетической изменчивости у вегетативно подвижных видов растений.

Близкородственный вид — тюльпан приречный (*T. riparia*) является триплоидом*, встречается в пойме реки Белой и ее притоков, стекающих с западного макросклона Уральского хребта. Триплоидные виды — «генетические уродцы», их дополнительный третий набор хромосом не может быть гармонично поделен между половыми клетками. Это приводит к полной или частичной стерильности. Сколько-нибудь длительное существование данных видов (рас) возможно лишь при эффективном вегетативном размножении. Исследование репродуктивной системы тюльпана приречного показало, что у него отмечается снижение фертильности** мужской и женской сферы, однако около 50% жизнеспособной пыльцы и семян все же образуется. В культуре у *T. riparia* иногда развиваются плоды, но сформировавшиеся в

них семена не всхожи. По-видимому, клоны тюльпана приречного самостерильны, но при переопылении разных клонов семена спорадически образуются. Хотя в природе семенное размножение этих растений за все годы наблюдений нами не отмечалось, время от времени оно происходит «без посторонних глаз», о чем свидетельствует многообразие окраски цветков и довольно высокое генотипическое разнообразие (не менее 6 клонов в каждой из исследованных популяций). Удивительно, но семенное размножение сохраняет триплоидный цитотип тюльпана приречного.

Другой объект нашего исследования — гладиолус тонкий (*Gladiolus tenuis* Bieb.). Это многолетнее клубнелуковичное растение, размножающееся как семенами, так и вегетативно — дочерними луковичками. Нами установлено, что к востоку от Волги *G. tenuis* стерил — не дает плодов. Выборочные исследования в 6 восточных популяциях, по трансекте* около 1000 км (от окрестностей озера Кандры-куль на западе Башкирии до южной оконечности Мугоджарских гор в Казахстане) показали: все они принадлежат к одному гигантскому стерильному клону.

В основной части ареала *G. tenuis* является тетраплоидом**, тогда как у растений из стерильного клона мы установили стабильную триплоидность. Тетраплоидные популяции в Чернышковском районе Волгоградской области имеют высокую фертильность пыльцы и семян, для них характерно активное

*Триплоид — организм с тремя основными (гаплоидными) наборами хромосом в ядрах соматических клеток (прим. ред.).

**Фертильность — способность зрелого организма производить потомство (прим. ред.).

*Трансекта — отмеренная на территории экосистемы узкая прямоугольная площадка для изучения размещения видов, численности, продуктивности и других исследований (прим. ред.).

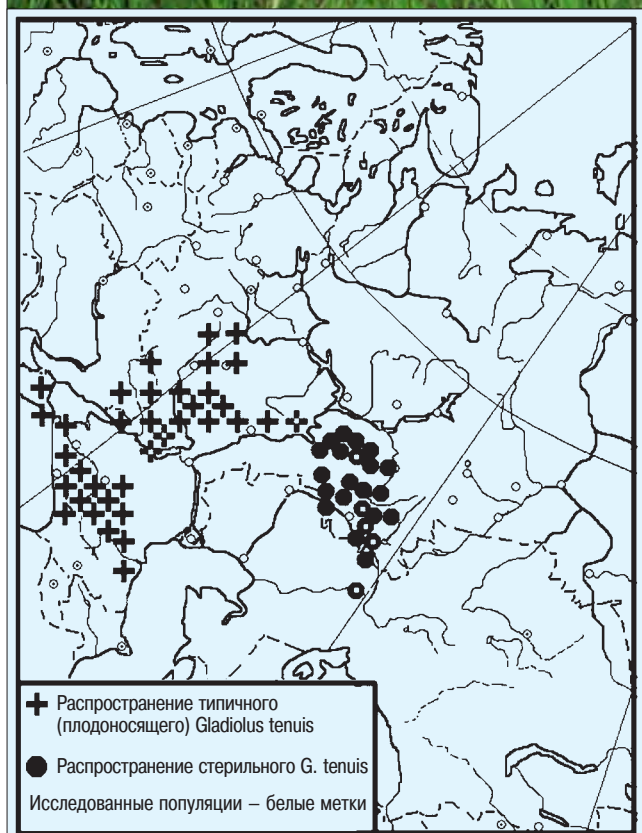
**Тетраплоид — организм с четырьмя основными наборами хромосом в ядрах соматических клеток (прим. ред.).



**Клон тюльпана Биберштейна
в пойме реки Ахтуба.
Каждый из исследованных
четырех клонов распространен
на площади в несколько десятков
квадратных метров и представлен
уникальным генотипом.**

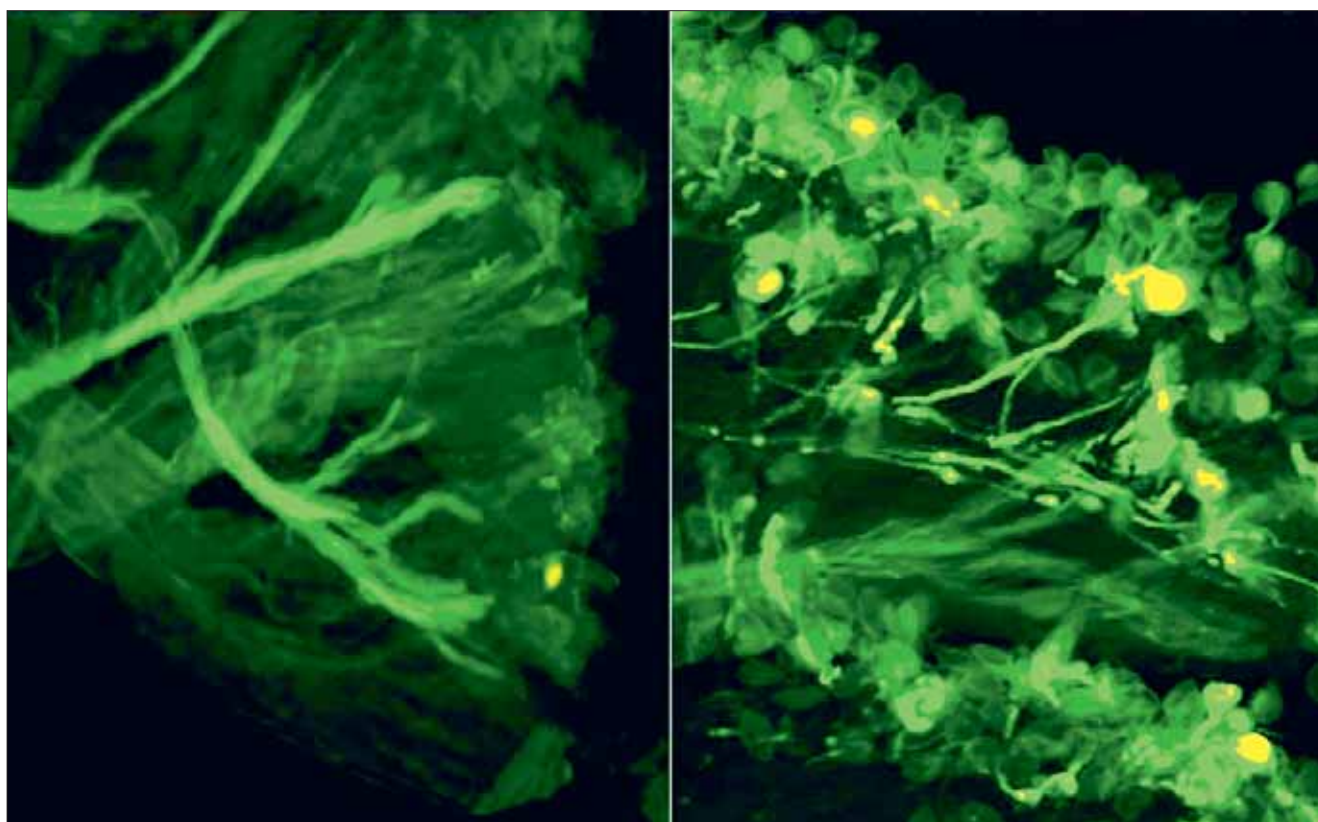


**Тюльпан приречный
из популяции на реке Сим
в условиях культуры
(Ботанический сад УрО РАН).
В правом нижнем углу —
триплоидный набор хромосом *T. girardia*.**



Клон гладиолуса тонкого, обнаруженный недалеко от села Петровское на границе Оренбургской области и Республики Башкортостан.

Гладиолус тонкий встречается в Крыму, на Кавказе, на юго-востоке Европейской России, «заходит» на Южный Урал и в Казахстан.



На рыльце пестика гладиолуса тонкого из Волгоградской области (справа) наблюдается массовое прорастание пыльцевых зерен. У растений из стерильного клона (слева) пыльцевых зерен на рыльце нет. (Использован микроскоп Leica DM2500 с флуоресцентным осветителем).

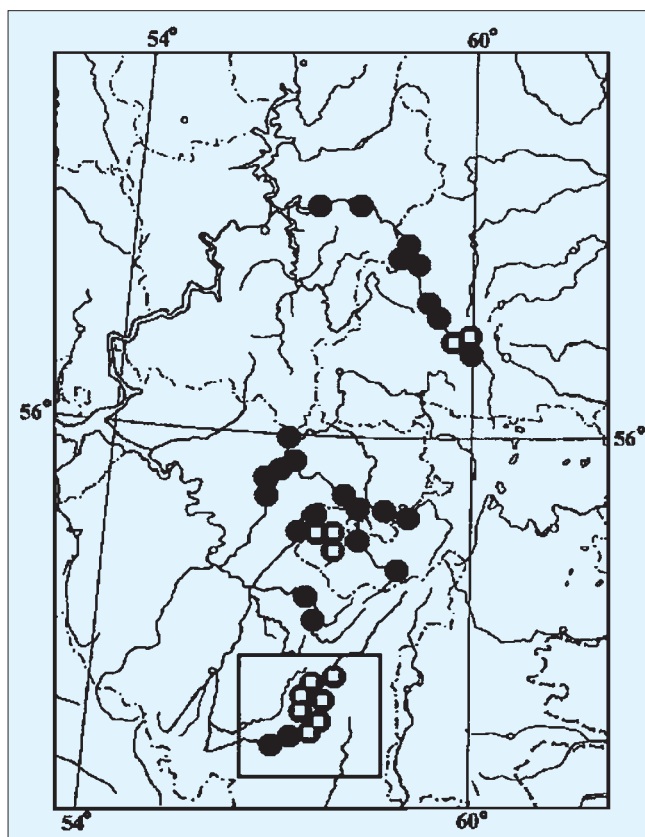
прорастание пыльцы на рыльце и как следствие — наличие семенного размножения, высокий генетический полиморфизм. Нечетная полиплоидия* уральских растений приводит к частичной стерилизации пыльцы и полной стерильности семян.

Для объяснения возникновения стерильного клона мы предложили две гипотезы. Возможно, он имеет гибридное происхождение и появился в результате скрещивания тетраплоидного *G. tenuis* и гипотетического диплоидного (т.е. с двумя наборами хромосом в клетке) вида, впоследствии исчезнувшего. К настоящему времени древние диплоидные гладиолусы в Европе не встречаются и известны лишь на юге Африки. Таким образом, первая гипотеза предполагает невероятно большой возраст триплоидного клона. Согласно второй, в какой-то момент исторического развития произошла мутация с утратой одного генома из четырех и переход на иной уровень. Триплоидный гладиолус оказался успешнее других, не утративших способности к семенному размножению, и широко расселился к востоку от Волги. Можно предположить два взаимодополняющих механизма его распространения (как и многих других видов растений).

*Полиплоидия — наследственное изменение, заключающееся в кратном увеличении числа наборов хромосом в клетках организма. К числу нечетных полиплоидов относятся триплоиды (прим. ред.).

Один из них гидрохорный, заключающийся в переносе семян и других зачатков потоками воды во время сильных дождей или половодий. Возможен и другой вариант: почва «замешивается» на воде с образованием вязкого «грязевого теста», которое далее разносится на шерсти животных вместе с заключенными в нем семенами, фрагментами корневищ, спорами и т.п. Очень эффективными разносчиками грязи, а следовательно и растений, могут быть особи, принимающие «грязевые ванны». В настоящее время это кабаны, а ранее, в плейстоцене (1,8 млн лет—11 тыс. лет назад) невольными «сеятелями» могли быть шерстистые носороги и мамонты. Форма ареала стерильного гладиолуса (в виде дуги) вполне может быть связана с основными путями древних миграций животных.

Еще один пример широкого расселения стерильного клона выявлен нами у сердечника трехнадрезного. Основной ареал *C. trifida* находится в Сибири, хотя его фрагменты встречаются на Урале и Среднерусской возвышенности. На Урале нами установлено широкое распространение растений с полной мужской стерильностью. Примечательно, что в разных частях ареала такие особи генетически оригинальны, т.е. эти мутанты возникали независимо друг от друга. По всей видимости, естественный отбор «поощряет» данные формы на этих территориях. Уральские *C. trifida* частично поликлональны (8—12 генотипов), а час-



точно состоят из единственного клона (популяции «берда» и «агидель»). Наиболее интересным представляется расселение клона «агидель» в долине реки Белой. Его отличает полная мужская стерильность и примечательная морфологическая особенность — он способен образовывать выводковые клубеньки в пазухах стеблевых листьев. Несомненно, эта аномалия существенно облегчает его расселение и дает значительные конкурентные преимущества. По-видимому, в климатически неблагоприятную эпоху позднего плейстоцена исходная популяция в этой части ареала сократилась до единственного клона, а после восстановления приемлемых условий в голоцене (от 11 тыс. лет назад до настоящего времени) он широко распространился в долине реки Белой.

Формирование стерильных популяций — преимущественно узкокаловое явление, приуроченное к краевой части ареала, а также свидетельствующее об обособленности распространения того или иного вида. Исключение составляют водные растения, например, посидония (*Posidonia oceanica*) и водный гиацинт (*Eichornia crassipes*). Нами показано существование стерильных клонов у наземных травянистых растений на больших территориях при отсутствии у них семенного размножения и генетической рекомбинации. (Определить возраст клонов достаточно сложно, так, у клона тополя осинообразного разные исследователи называют возраст 8 тыс., более 20 тыс. и даже 1 млн лет.) У травянистых растений срок жиз-

Распространение сердечника трехнадрезного на Урале и исследованные популяции (белые метки). В рамке — распространение стерильного клона «агидель».

ни отдельной особи значительно меньше, чем у древесных, но, по-видимому, возраст обнаруженных нами клонов не менее 10 тыс. лет. Выживают и сохраняются отбором только отдельные, наиболее приспособленные, имеющие высокий уровень гетерозиготности*.

Половое размножение может разрушить удачные комбинации — после «гения» природа отдыхает на потомках; это одна из причин, обуславливающих тактические преимущества клонов. Преодоление тесных рамок их абсолютной стандартности возможно в результате соматических мутаций. Однако такие мутации затрагивают один ген; с очень малой вероятностью они могут породить успешную расу, заметно отличающуюся от материнского образца. Указанные мутации интересны для исследователей, поскольку позволяют оценить примерный возраст клона и проследить этапы его расселения. В наших работах для двух особей гигантского клона гладиолуса тонкого удалось установить наличие именно таких мутаций. Дальнейшие исследования в этом направлении позволят «прочитать» летопись гигантского клона *Gadiolus tenuis*.

В заключение отметим, существуют противоположные точки зрения на перспективы организмов с бесполовыми формами размножения — от преувеличения преимуществ и отрицания значимости полового размножения (британский эволюционный биолог и генетик Мейнард Смит, 1978 г.) до утверждения эволюционной бесперспективности стерильных клонов (американский ботаник и эволюционист Верн Грант, 1974 г.). Существование таких клонов на протяжении тысячелетий и значительные площади, ими занимаемые, позволяют предположить, что тактические преимущества оказываются неожиданно значимыми и вполне долговременными даже в условиях экологической неоднородности и нестабильности. Возможно, решающие преимущества видов с половым размножением над клонами проявляется только при распространении вирусных и грибковых заболеваний, к которым клоны оказываются неустойчивыми.

Работа поддержана грантами Российского фонда фундаментальных исследований 10-04-00989-а и 11-04-10091-к.

*Гетерозигота — клетка или организм, у которого гомологичные (парные) хромосомы несут разные формы (аллели) того или иного гена (прим. ред.).

ЮБИЛЕЙ РОССИЙСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОСТИ



Кандидат исторических наук Евгений ПЧЕЛОВ,
Российский государственный гуманитарный университет (Москва)

Согласно «Повести временных лет» (самый ранний из дошедших до нас летописный свод; начало XII в.) союз славянских и финно-угорских племен, проживавших на территории нынешней Новгородской области, в 862 г. призвал защищать свои города и пашни братьев-варягов. «И пришли, — сообщает ее автор, — и сел старший, Рюрик, в Новгороде, а другой, Синеус, — на Белоозере, а третий, Трувор, — в Изборске». Первый из них был основателем великокняжеского рода, на протяжении многих веков правившего нашей страной. Поэтому тот год стал отправной точкой отсчета российской государственности, о чем напоминает воздвигнутый в 1862 г. в Великом Новгороде замечательный памятник «Тысячелетие России» (скульпторы Михаил Микешин, Иван Шредер, архитектор Виктор Гартман).

Один из листов «Повести временных лет».



Князь Рюрик.
Фрагмент памятника «Тысячелетие России».

Памятник «Тысячелетие России».

«Повесть временных лет» однозначно ассоциировала наших первых князей с обитателями скандинавского региона, к которым отнесла, например, свеев (шведов), урманов (норвежцев), а также русь*: «от варягов ведь прозвались русью, а прежде были славяне». Однако в середине XVIII в. среди отечественных историков разгорелся спор между сторонниками и противниками иноземного происхождения правящей династии. Какова же история этого противоборства?

С научной точки зрения данный вопрос первым проанализировал немецкий филолог, исследователь русских древностей, академик Петербургской АН (с 1725 г.) Готлиб-Зигфрид Байер, опубликовавший в 1735 г. на латыни, как было тогда положено, «Сочинение о варягах». Опираясь на летописи, иностранные источники IX–XI вв. и, что немаловажно, на изыскания в области лингвистики, автор обосновал

*Русь (русы) — народ, давший свое имя и составивший социальную верхушку первого государства восточных славян, в современной литературе известного как Киевская Русь (прим. ред.).

скандинавское происхождение этих выходцев из балтийского региона, в Западной Европе называемых норманнами. Современная историческая наука признает правоту тезиса, высказанного ученым, но тогда, после выхода в свет, его работа оказалась в эпицентре идейного противостояния.

В 1749 г. российский историк немецкого происхождения Герард Фридрих Миллер (действительный член Петербургской АН с 1735 г.)* для ассамблеи Академии наук, приуроченной к дню тезоименитства императрицы Елизаветы Петровны, подготовил доклад «Происхождение народа и имени российского». Однако ученое сообщество после почти годового обсуждения сочло: ни читать в публичном собрании, ни издавать такое сочинение нельзя, и почти весь отпечатанный тираж пришлось уничтожить (полностью оно увидело свет в России только в 2006 г.). Дело в том, что его автор доказывал скандинавскую принадлежность варягов и самого названия «Русь»,

*См.: О. Базанова. «Верный истории, беспристрастный и скромный». — Наука в России, 2006, № 3 (прим. ред.).



Варяги. Художник Виктор Васнецов. 1909 г. Дом-музей В.М. Васнецова (Москва).

справедливо выводя его из финского заимствования. Более того, будучи, как и Байер, сторонником «норманнской теории»*, Миллер полагал, что те же корни имеет часть нашего населения.

Итак, оба добросовестных исследователя оказались непонятыми. В чем причина неприятия их доводов? Обратимся к блестящей характеристике тогдашней обстановки в стране, данной выдающимся историком Василием Ключевским (действительный член Петербургской АН с 1900 г.). «То был самый разгар национального возбуждения..., которому была обязана престолом Елизавета Петровна... — писал он. — Новое, национальное царствование началось среди войны со Швецией, которая кончилась миром в Або 1743 г. В это время готовиться сказать по случаю тезоименитства государыни на торжественном заседании Академии, что шведы дали Руси и народное имя, и государей, едва ли значило украсить торжество».

Вот почему сочинения приверженцев «норманнской теории» вызвали столь негативную реакцию в

* Норманнская теория (норманизм) — направление в историографии, развивающее концепцию происхождения народа-племени русь из Скандинавии периода экспансии викингов (норманнов). Сторонники норманизма относят последних к основателям первых государств восточных славян — Новгородской, затем Киевской Руси (прим. ред.).

академических и придворных кругах. И в числе наиболее резких ее критиков был ученый-энциклопедист Михаил Ломоносов*, писавший: «Происхождение первых великих князей российских от безымянных скандинавов..., происхождение имени русского весьма недревнее, да и то от чухонцев...; наконец, частые над россиянами победы скандинавов с досадительными изображениями не токмо в такой речи быть недостойны, которую господину Миллеру для чести России и Академии и для побуждения русского народа на любовь к наукам сочинить было велено, но и всей России перед другими государствами предосудительны, а российским слушателям досадны и весьма несносны быть должны».

В противоположность Миллеру Ломоносов нарисовал совершенно фантастическую картину истории руссов, связав их с балтоязычными пруссами, населявшими в средневековье территорию нынешней Калининградской области, ругами (германское племя) и другими древними народами, отодвинув происхождение славян к временам древней Эллады

*См.: А. Уткин. Феномен личности Ломоносова; Е. Сысоева. Он видел сквозь века; В. Васильев. «Честь русского народа требует, чтоб показать способность и остроту его в науках...». — Наука в России, 2011, № 6 (прим. ред.).



Кремль. Великий Новгород.

(XIII—XII вв. до н.э.). Такой подход даже для XVIII в. выглядел архаичным, тем не менее подобные взгляды стали на некоторое время определяющими для отечественной науки.

Накалу страстей вокруг вопроса о национальной принадлежности наших первых князей способствовала также позиция еще одного видного российского и немецкого историка — Августа-Людвига Шлёцера (иностраннный почетный член Петербургской АН с 1769 г.). В многотомном труде «Нестор», увидевшем свет в начале XIX в. сперва в Германии, а затем в России, он возвел представление о скандинавском происхождении варягов в крайнюю степень. Именно они, по мнению ученого, «в пространном смысле основали русскую державу», а до их прихода местные племена жили без всякого управления, «подобно зверям и птицам».

Очень взвешенный подход к данной теме продемонстрировал Николай Карамзин (академик Петербургской АН с 1818 г.) в своей «Истории государства Российского». Он выдвинул шесть хорошо обоснованных доказательств (пять из них до сих пор неопровержимы) того, что варяги были скандинавами, очертил круг источников, ставший для рассматриваемой проблемы на многие годы основным. Именно призвание князей Рюрика, Синеуса и Трувора автор считал началом российской государственности. «Вели-

кие народы, — писал он, — подобно великим мужам, имеют свое младенчество и не должны его стыдиться: отечество наше, слабое, разделенное на малые области до 862 года, по летосчислению Нестора, обязано величием своим счастливому введению монархической власти». Авторитет сочинения Карамзина был настолько велик, что его взгляды надолго определили основную линию нашей науки.

Вновь на широкую сцену «норманнский вопрос» вышел в царствование императора Александра II (1855—1881 гг.): в преддверии Великих реформ 1860—1870-х годов (судебной, военной, отмены крепостного права и т.д.), либерализации общественной жизни тема начала русской истории стала достоянием широких дискуссий. В 1860 г. в Петербургском университете состоялся второй (со времен Миллера и Ломоносова) публичный спор о варягах, где в интеллектуальной битве сошлись два историка. Первый из них — писатель, журналист, академик (с 1841 г.) Михаил Погодин, сторонник идеи Карамзина, второй — общественный деятель, публицист, поэт, в последствии (с 1876 г.) член-корреспондент Петербургской АН Николай Костомаров, выдвинувший оригинальное предположение о литовском происхождении варягов-руси (никем впоследствии не поддержанное).

Оба оппонента приводили доводы в защиту своих позиций, сопровождавшиеся живой реакцией сту-



Рюриково городище IX в. с руинами церкви Благовещения 1343 г. (число скандинавских археологических находок здесь не меньше, чем в западноевропейских странах). Великий Новгород.

денческой аудитории, которая «была велика и обильна, а порядка в ней не было», как писали тогда в прессе, цитируя «Повесть временных лет». Диспут в общем закончился ничем, но показал важность публичных обсуждений подобных вопросов, т.е. открытости науки, и выявил спорные моменты нашей ранней истории. Известный в те годы поэт, литературный критик, государственный деятель князь Петр Вяземский остроумно подвел итог этому мероприятию: «Прежде мы не знали, куда идем, а теперь не знаем и откуда».

Последний и самый мощный «залп» научного антинорманизма прогремел в 1876 г., когда было опубликовано исследование директора Эрмитажа (1863–1878 гг.), драматурга, искусствоведа, историка, театрального деятеля, почетного члена Петербургской АН (с 1863 г.) Степана Геденова «Варяги и Русь». Кстати, первый вариант его вышел еще в начале 1860-х годов — явно приуроченный к тысячелетнему юбилею призвания варяжских князей, относившихся, по мнению автора, к славянам, населявшим южное побережье Балтийского моря до прихода туда германцев. И хотя его предположение впоследствии не подтвердилось, книга сыграла большую роль в проработке проблемы, в частности показала сложность ее изучения, остававшиеся «белые пятна».

Накопление археологического материала, развитие и совершенствование методов лингвистики и источниковедения позволили сделать дальнейшие шаги в изучении «норманнского вопроса». Так, труды датского языковеда и историка, иностранного члена-корреспондента Петербургской АН (с 1894 г.) Вильгельма Томсена, его отечественного коллеги, академика (с 1899 г.) Алексея Шахматова и других ученых конца XIX — начала XX в. однозначно доказали скандинавское происхождение варягов, первых русских князей и слова «русь». Казалось, споры по данной теме ушли в прошлое. Но после прихода к власти в России большевиков они разгорелись вновь.

Конец 1930-х годов был временем подъема в СССР патриотизма, достигшего наивысшей стадии после Победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. К тому же ситуацию с «варяжской проблемой» усугубило и то, что идею создания Русского государства скандинавами (т.е., по сути, древними германцами) использовала в своих целях нацистская пропаганда. В конце 1940-х годов советское государство объявило борьбу с космополитизмом, «низкопоклонством перед Западом», отвергая какое бы то ни было иностранное влияние, рассматривая «норманнскую теорию» как орудие мировой реакции, стремившейся опорочить историческое прошлое нашего народа.



Рюрик.
Миниатюра из «Царского титулярника». XVII в.

Рассказ же «Повести временных лет» о «призвании варягов» официальная наука тогда объявила «легендой, которая, хотя и включает в себя некоторые исторические черты, тем не менее является лишь тенденциозным сочинительством летописцев», а образование Древнерусского государства отнесла к VI–VII вв. Впрочем, впоследствии такую точку зрения немного подкорректировали и в школьных учебниках это событие датировали уже IX в., однако о Рюрике и варягах там не говорилось ни слова.

Ведущая роль в формировании взглядов на «варяжский вопрос» в советской историографии на протяжении нескольких десятилетий принадлежала академику (с 1958 г.) Борису Рыбакову, популяризовавшему идею о происхождении слова «Русь» от названия одного из притоков Днепра — Рось. Именно на берегах этой небольшой реки, где сложился мощный союз славянских племен, в VI–VII вв. началось, по его мнению, образование нашей государственности. К тому же времени ученый относил и деятельность князя Кия — основателя главного города Древней Руси Киева, а роль варягов в ее становлении считал ничтожной. Правда, версию об их балтийско-славянском происхождении официальная наука не возродила (это сделать пытаются сейчас), но серьезного обсуждения данной проблемы не было.

С мертвой точки дело сдвинулось только в 1965 г., прежде всего в сфере археологии: уже накопилось немало артефактов, неопровержимо свидетельствующих не только о присутствии, но и о жизни на территории Древней Руси скандинавов (остатки жи-

лищ, ремесленных, торговых построек, погребения). В том же году в Ленинградском университете прошел третий диспут сторонников и ниспровергателей «норманнской теории», где оппонирующие стороны представляли доктор исторических наук Игорь Шаскольский и кандидат исторических наук Лев Клейн (труд последнего «Спор о варягах», написанный в связи с этой дискуссией, и ее материалы вышли в свет только в 2009 г.).

Это открытое обсуждение, позволившее поставить под сомнение вердикт официальной науки, ознаменовало начало более взвешенного и объективного исследования «варяжского вопроса». Постепенно трудами многих историков, археологов и лингвистов он вернулся в отечественное и мировое научное пространство, а братья-князья, пришедшие на Русь в 862 г., вновь заняли законное место в нашей истории.

Из «Повести временных лет» известно: после смерти братьев Синеуса и Трувора, княживших в Белоозере и Изборске, Рюрик «принял всю власть один... и стал раздавать мужам своим города — тому Полоцк, этому Ростов, другому Белоозеро». Следовательно, он владел довольно большой территорией, включавшей земли не только ильменских словен, кривичей, чуди, мери, веси (нынешний северо-запад нашей страны), как упоминалось, призвавших его на княжение, но и других племен, например полочан, вплоть до притоков Западной Двины и Верхней Волги.

Само имя Рюрик восходит к древнескандинавскому *Rǫgrrkr*, состоящему из двух основ: *hróðr*, т.е. «слава», и *rekr* (-ríkr) — «могущественный, обладающий властью», следовательно, буквально означает «славный могуществом». Каково происхождение первого князя-варяга и откуда он родом, русские источники не сообщают (по-видимому, это было для их авторов неактуальным). Умер же он, согласно летописи, в 879 г.

Любопытная гипотеза в исторической науке появилась еще в первой половине XIX в. Ординарный профессор Дерптского университета (ныне Тарту, Эстония) Фридрих Крузе в 1836 г. предположил: Рюрик новгородский тождествен Рорику, происшедшему из рода конунгов, т.е. верховных вождей, Ютландии, в IX в. правителю областей во Фрисландии. Это имя впервые появляется под 850 г. в анналах (хрониках) Франкской империи, автор которых назвал его «желчью христианства»: «Рорик, по происхождению норманн..., обвиненный, как говорят, ложно в предательстве, был схвачен и брошен в темницу... Бежав оттуда, он сделался вассалом короля восточных франков Людовика...» и т.д. Жизнь этого человека — цепь авантур, военных походов с целью, как гласит тот же источник, «завладеть королевской властью», оборвавшаяся, по-видимому, в 882 г., поскольку именно тогда его земли во Фрисландии перешли другому предводителю норманнов — Годфриду.



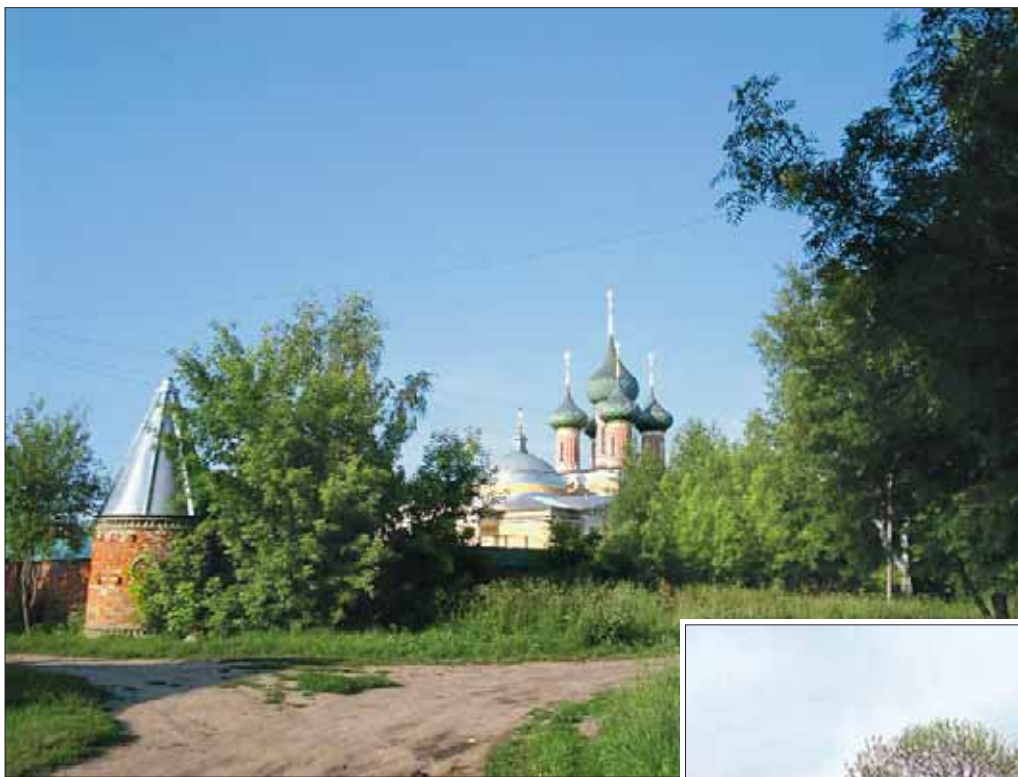
Изборская крепость. XIV в.

Затем заманчивое отождествление Рюрика и Рорика поддержали несколько отечественных исследователей. Основательную работу провел русский эмигрант Николай Беляев, опубликовавший ее итоги в 1929 г. в Праге. С тех пор гипотеза Крузе обрела популярность. Ее признавали русский и американский историк Георгий Вернадский, Борис Рыбаков и др. Конечно, окончательно доказать ее невозможно: нет источников, прямо ее подтверждающих. Как, впрочем, и опровергающих. Но в пользу данного предположения можно привести косвенные доводы, прежде всего сходство имен, восходящих к вышеприведенному скандинавскому прототипу.

К тому же в сообщениях франкских анналов есть хронологические лакуны, когда Рорик вполне мог оказаться на Руси. Археологические находки свидетельствуют: уже во второй половине VIII в. ее северные области были вовлечены в торговлю с народами не только восточной Прибалтики, но и Фрисландии, шедшую через Данию. Поэтому обращение местных племен именно к ютландскому конунгу выглядит вполне логичным. Тем более, что он не был непосредственно связан со шведами, нападавшими на



*Изборск.
Труворов крест, под которым, по преданию,
похоронен Трувор, брат Рюрика.*



Белозерск — вотчина Синеуса, третьего из братьев-варягов.



Курган Синеуса.

восточных славян. А датировка летописей, как неоднократно подчеркивали многие историки, довольно условна, и зачастую события, растянувшиеся во времени, могли быть сведены в статью под одним годом.

Тем не менее серьезным возражением против тождества Рюрика и Рорика являются сведения о встречах последнего в начале 870-х годов с Карлом II Лысым (правитель Западно-Франкского королевства, т.е. будущей Франции, в 840–877 гг.). Конечно, управлять одновременно землями во Фрисландии и на севере Руси один человек не мог. Но, возможно, он находился в Великом Новгороде не постоянно, а лишь от случая к случаю, используя Русский Север как своеобразный запасный вариант.

Еще один любопытный момент: владения летописного Рюрика окончательно перешли к родичам именно в 882 г., что также «роднит» его с упомянутым во франкских анналах Рориком. Словом, не исключено, что династия наших великий князей действительно была ветвью одного из родов ютландских правителей, а ее основатель — заметной фигурой эпохи викингов в Северной Европе.

Иллюстрации предоставлены автором

СОЗДАТЕЛЬ ТОКАМАКА

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

В феврале 2012 г. термоядерное сообщество страны отметило 100-летие со дня рождения доктора технических наук Натана Явлинского — выдающегося ученого, инженера и организатора науки, одного из тех, кто стоял у истоков новаторского направления — управляемого термоядерного синтеза (УТС), основанного на концепции тороидальных установок для магнитного удержания плазмы (токамаков), предложенной в 1951 г. академиками Игорем Таммом и Андреем Сахаровым. Она получила развитие в Лаборатории измерительных приборов АН СССР (ныне НИЦ «Курчатовский институт»), возглавляемой академиком Игорем Курчатовым. Натан Мудрый (Курчатов часто называл Явлинского именем главного героя известной драмы немецкого классика Готтольда Лессинга) трудился там с 1949 г. до гибели в авиационной катастрофе в 1962 г., где руководил большим научным коллективом, выполнявшим пионерские работы по физике плазмы.

Явлинский родился 13 февраля 1912 г. в семье врача. По правилам тех лет после школы он как сын интеллигента должен был прежде получить рабочую специальность, а потом высшее образование. Окончив в 1931 г. фабрично-заводское училище при

Харьковском электромеханическом заводе, молодой рабочий «без отрыва от производства» поступил на вечерний факультет Харьковского электротехнического института. Одновременно был главным редактором заводской многотиражки, замечательной тем, что вы-



**Доктор технических наук
Натан Явлинский (1912–1962).**

ходила она на пяти языках: русском, украинском, еврейском, латышском и немецком (на предприятии, эвакуированном в Первую мировую войну (1914–1918 гг.) из Риги, работало много латышей и немецких специалистов). На третьем курсе Натан Аронович стал начальником одного из конструкторских бюро завода, а в 1936 г. защитил диплом инженера и вскоре поступил в Харьковский физико-технический институт на физический факультет, прочувшись там заочно всего два курса. Поводом для ухода, как он объяснял нам, молодым сотрудникам, стало рождение первенца, Юлия. Но теперь мы знаем, что не это обстоятельство, а исключение из рядов ВКП(б) — Всесоюзной коммунистической партии (большевиков) — и последовавшее увольнение с завода прервали обучение. Вероятно, причиной мог служить арест в 1927 г. по делу о троцкистах* старшего брата его будущей жены. В течение года с небольшим Натан Аронович был безработным, однако потом его восстановили и в партии, и на производстве в прежнем статусе — начальника конструкторского бюро.

В 1941 г., когда началась Великая Отечественная война, Явлинский пошел добровольцем на фронт, но попал туда сложно. На него, назначенного в тот момент директором одного из филиалов Харьковского

электромеханического завода, эвакуированного на Урал, написали бумагу с обвинением в саботаже. Однако молниеносное наступление немцев разрешило этот вопрос. На фронте молодой боец оказался вместе с сотней солдат в окружении. Был полный хаос, вспоминал позже Натан Аронович. Быстро сориентировавшись по сохранившейся у него карте, он пошел в сторону востока, обходя населенные пункты и выбирая лесистые массивы. А поскольку направление держал уверенно, вокруг него стали группироваться люди и вместе им удалось выйти из окружения.

В 1942 г. Явлинский участвовал в обороне Сталинграда, был начальником мастерских по ремонту артиллерийской техники, которую каждую ночь привозили в разбитом состоянии с правого берега Волги. Он считал своей главной заслугой в этой роли организацию круглосуточных сварочных работ, хотя по правилам они были запрещены ввиду светомаскировки. Но немцы использовали такие яркие осветительные ракеты, что никакая электросварка не могла нарушить конспирацию. Поэтому за круглосуточную работу ремонтных мастерских Натан Аронович одновременно с взысканиями получал благодарности.

В 1944 г., отозванный с фронта, он возглавил в московском Всесоюзном электротехническом институте Центральное конструкторское бюро, разрабатывавшее и внедрявшее в производство новые образцы вооружения и военной техники. Явлинский создавал там электромагнитные усилители для артиллерии. В 1945 г. его командировали в Германию для отбора и отправки в СССР электротехнического оборудования по репарации (восстановлению) убытков, понесенных гражданским населением страны вследствие войны. В 1949 г. был удостоен звания лауреата Сталинской премии «за разработку конструкции и освоение производства электрических машин».

В тот год директор крупнейшего предприятия отечественного электромашиностроения «Электросила» (Ленинград) и одновременно заместитель министра электропромышленности СССР Дмитрий Ефремов, лично знавший Натана Ароновича, командировал его в Лабораторию измерительных приборов АН СССР, где под руководством выдающегося физика Льва Арцимовича (академик с 1953 г.)* создавали промышленную технологию электромагнитного разделения изотопов урана, для наладки систем питания разделительных установок. А когда в отделе Арцимовича приступили к экспериментам по термоядерному синтезу (1951 г.), Явлинский резко сменил направление деятельности, сфокусировав внимание на плазме и УТС.

Первая работа коллектива по изучению газовых разрядов (1951 г.), опубликованная в сборнике «Физика плазмы и проблема управляемых термоядерных реакций», и ряд последовавших за ней показали всю сложность экспериментов в тороидальной геометрии. На-

*Троцкизм — одно из течений марксизма, господствовавшее в нашей стране в 1920–1930-е годы, идеологом которого был лидер левой оппозиции Лев Троцкий (прим. ред.).

*См.: Е. Велихов. Термоядерное горение; В. Стрелков. Царского пути в термояде нет. — Наука в России, 2009, № 1 (прим. ред.).



**Натан Явлинский —
участник обороны Сталинграда.
Весна 1943 г.**



**Натан Явлинский (в центре)
в составе военной миссии СССР
в Германии по вопросам репарации.
1945 г.**

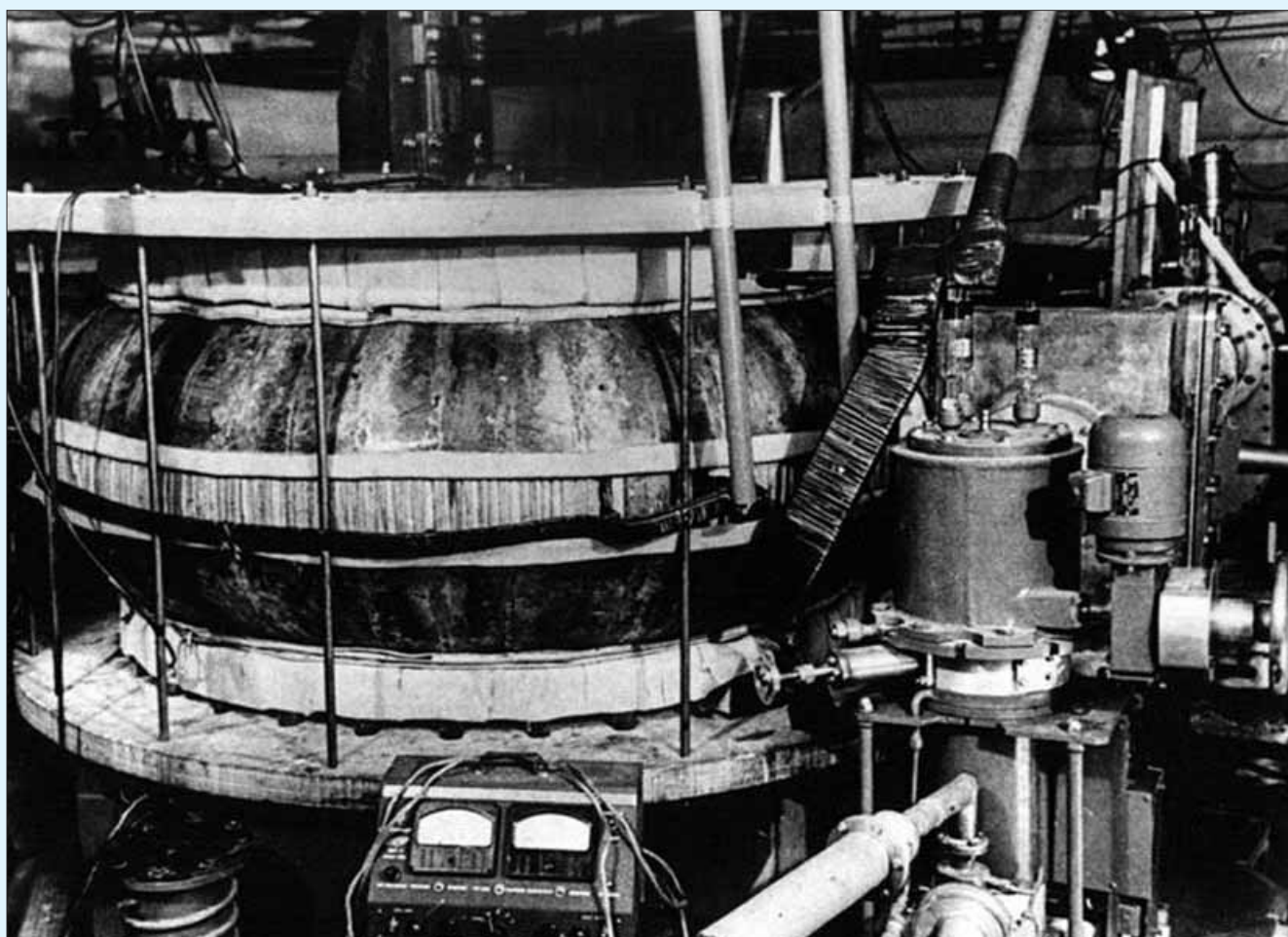
помним, основоположники УТС Тамм и Сахаров предлагали для нагрева и удержания плазмы магнитную систему в форме тора (бублика) с текущим по ней током, поэтому их можно назвать отцами-теоретиками токамака. Создателями же его как машины следует считать доктора физико-математических наук Игоря Головина (1913–1997) и Натана Явлинского. Оба, возглавляя в отделе Арцимовича два сектора, занимались тороидальными разрядами. Причем если первый был, скорее, идеологом эксперимента (ставил задачу, давал советы и рекомендации, что измерять), то второй искал пути ее решения и сам участвовал в практической реализации.

В середине 1950-х годов эксперименты в области УТС шли в разных направлениях. Что касается тороидальных систем, то здесь основные опыты проходили на установке ТМП (тор с магнитным полем), построенной в 1954 г. по техническому заданию Головина и Явлинского. На ней изучали условия зажигания разряда, его устойчивость, оценивали величину электронной температуры.

В конце 1957 г. британский научный журнал «Nature» опубликовал сенсационное сообщение о результатах экспериментов на установке «Зета». Англичане измерили нейтронный выход, по нему посчитали выполнение так называемого критерия $n\tau_E$, согласно которому возможность осуществления термоядерной реакции с положительным выходом зависит от значения произведения плотности нагреваемой плазмы n на время ее остывания τ_E , и получили ошеломляющие цифры. Правда, через два года выяснилось, что они ошибочны, но в тот момент информация об экспериментах на «Зете» вызвала бурные дискуссии в институте и способствовала расширению отечественных исследований горячей плазмы в тороидальных системах.

Академик Игорь Курчатов* принял решение срочно построить аналогичный инструментальный в Советском Союзе. И тогда в ленинградском Научно-исследовательском институте электрофизической аппаратуры в

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



Установка Т-1, вошедшая в историю термоядерных исследований как первый токамак. 1958 г.

рекордные сроки (всего за 8 месяцев) создали установку «Альфа» — полномасштабную копию «Зеты».

Курчатов оказывал сильное давление на Арцимовича, требуя повторить английские эксперименты. Тот некоторое время держался. Но весной 1958 г. встал вопрос о закрытии ТМП и сооружении на ее месте системы, подобной британской. Она имела алюминиевую камеру, так как считалось, что окисный слой Al_2O_3 играет какую-то роль во взаимодействии плазма—стенка, и, может быть, удивительные результаты «Зеты» связаны именно с этим обстоятельством. Однако финал ее был плачевным: камеру изготавливали на авиационном заводе, где не смогли обеспечить вакуумную плотность швов — сваренный из секторов тор протекал, как решето. В итоге машина так и не заработала.

А Явлинский в это время уже строил установку Т-1, вошедшую в историю термоядерных исследований как первый токамак (1958 г.). На ней был подтвержден критерий Крускала-Шафранова (устойчивость токовой плазмы в магнитном поле), названный так по именам выдающихся физиков-теоретиков Мартина Крускала (США) и Виталия Шафранова (Россия). Специалисты впервые использовали в этих экспериментах диафрагму для ограничения сечения плаз-

менного шнура, применяемую теперь на многих установках. На Т-1 были сделаны измерения мощности радиационных потерь. Как оказалось, они являются основным каналом потерь энергии из плазмы в этой установке, причем более 80% из них приходится на область вакуумного ультрафиолета.

Следует отметить, в секторе Явлинского работала построенная по его идеям электронная вычислительная машина (ЭВМ). В отличие от других ЭВМ тех лет, она не требовала круглосуточной эксплуатации. На ней Натан Аронович вместе с Глебом Долговым-Савельевым пытались проводить первые количественные расчеты мощности потерь с линейчатым излучением спектральных линий примесей. Можно сказать, это было начало работ по компьютерному моделированию процессов в плазме токамака.

Когда выяснилось, что излучение примесей выносит значительную часть энергии из плазмы, Явлинский инициировал создание новой установки Т-2, содержащей прототипы большинства функциональных элементов последующих токамаков: здесь уже были высоковакуумная откачка, двойной вакуум и цельнометаллическая прогреваемая камера. Тем не менее эту систему далеко не все признавали единственным вари-



Пионеры в исследовании
проблемы управляемого
термоядерного синтеза:

Лев Арцимович,
Натан Явлинский,
Глеб Долгов-Савельев. 1960 г.

антом конструкции термоядерной установки. И после II Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии (1958 г.) встал вопрос: что сооружать в Курчатовском институте для дальнейших масштабных экспериментов по получению термоядерной реакции в плазме — стелларатор* или токамак? Натан Аронович вместе с физиками-теоретиками Станиславом Брагинским и Виталием Шафрановым (академик с 1997 г.) дали обоснованное заключение: на данном этапе развития токамаки более перспективны для использования в программе УТС (отчет «Сравнение систем стелларатор и токамак», декабрь 1958 г.). В результате Курчатов решил сооружать в институте крупнейшую по тем временам в Европе термоядерную установки Т-3.

Тогда в секторе Явлинского уже достоверно знали условия макроскопической устойчивости плазменного шнура в токамаке, доказали, что радиационные потери, связанные с линейчатым излучением ионов примесей, играют существенную роль в энергетическом балансе плазмы, а поперечная по отношению к направлению плазменного тока компонента рассеянных магнитных полей кардинально влияет на условия равновесия плазменного шнура.

Стандартное выражение «это сделано под руководством Натана Ароновича» не хочу употреблять (оно

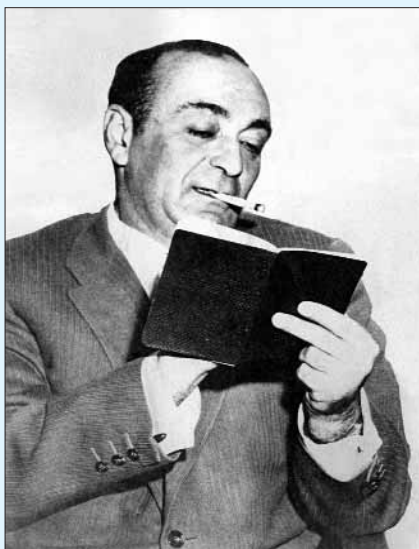
*Стелларатор — ловушка с замкнутыми магнитными поверхностями. Но, в отличие от токамака, образующее их полоидальное магнитное поле создается током во внешних витках. Идею такой установки выдвинул в 1951 г. американский физик Лайман Спитцер. Первый стелларатор появился в Принстонской лаборатории физики плазмы, США (прим. ред.).

звучит формально и часто фальшиво). Точнее сказать, будучи организатором этой работы, он оставался одним из нас, душой большого коллектива физиков, инженеров и техников. Когда в 1958 г. во всех лабораториях мира рассекретили работы по УТС и стало ясно, что не только «в области балета мы впереди планеты всей», группе ученых (Явлинскому в том числе) во главе с Арцимовичем присудили Ленинскую премию «за исследования мощных импульсных разрядов в газе для получения высокотемпературной плазмы».

Отметим, после ввода в строй установки Т-3 в 1962 г., уже после гибели учителя, эксперименты на ней продолжили его ученики. К середине десятилетия нам удалось совершить настоящий научный прорыв: измеренное на токамаке энергетическое время удержания плазмы составило ~20 мс, что более чем на порядок превышало общепринятый в то время прогноз — так называемое «бомовское» время, рассчитанное по эмпирической формуле, выведенной в конце 1940-х годов американским физиком Дэвидом Бомом. На этой же машине зарегистрировали термоядерное нейтронное излучение устойчивого плазменного витка. Иными словами, на Т-3, сооруженной по инициативе Натана Ароновича, впервые в мире получили управляемую термоядерную реакцию синтеза — УТС.

Инженер от бога, он сразу мог сказать: «Это устройство будет работать, а это — нет». Было бы преувеличением утверждать, что Явлинский — великий физик, но важно другое: он непрерывно учился физике.

Одна из его учениц доктор физико-математических наук Ксения Разумова, объясняя, почему Натана Аро-



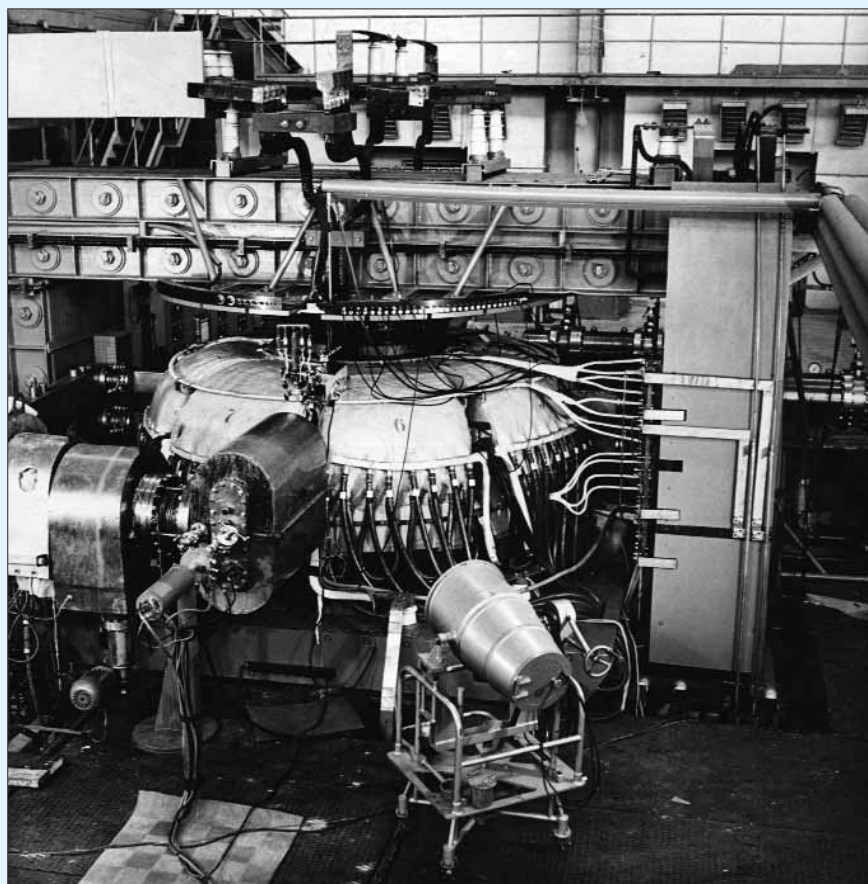
*Поездка за рубеж
первой советской делегации
по термоядерным исследованиям,
в составе которой был Натан Явлинский.
Лос-Аламосская национальная
лаборатория, США. 1960 г.*

новича называли Мудрым, заметила: «Его мудрость заключалась именно в том, что, не пренебрегая, конечно, приобретением физических познаний, основные силы он направлял на создание коллектива. Складывал его кирпичик к кирпичику так, что получился монолит на зависть самой крепкой семье... Этот коллектив продержался долго после смерти Натана Ароновича, и позже, когда отдел разросся, стал необходимым центром кристаллизации».

О научном руководителе советской программы исследований в области управляемого термоядерного синтеза Арцимовиче ученый отзывался так: «Лев Андреевич — хороший физик, когда физика — это к нему, он нам поможет, объяснит. Но когда речь идет об организации какого-то дела, то лучше без него». Причем

Явлинский не декларировал это — он так поступал. Напрямую ходил к Курчатову, сам общался с Госкомитетом Совета Министров СССР по использованию атомной энергии. От чиновников не требовал того, что они «обязаны делать». Понимал, что «могут сделать», и именно это направлял на общую пользу. Арцимович к такому подходу относился, как я понимаю, спокойно и не ревниво.

Как настоящий руководитель, он старался «выдвигать» своих сотрудников. Один из моих коллег, Эдуард Кузнецов, сотрудник Госкомитета, рассказывал, как в 1959 г. обсуждали вопрос о поездке первой делегации по УТС во Францию. Тогда еще не было выездных комиссий — все решал Курчатов. В состав делегации включили доктора физико-математических наук Сте-



**На установке Т-3 (1962 г.),
созданной по инициативе
Натана Явлинского, впервые в мире
получили управляемую
термоядерную реакцию синтеза — УТС.**

пана Лукьянова. На оставшееся место претендовали двое: «наш» Владимир Муховатов и сотрудник другого отдела Сергей Фанченко, уже имевший опыт зарубежных поездок. Баланс складывался в пользу последнего. Кроме того, его выдвиженцы добавили: «Он же знает 12 европейских языков!». Явлинский тут же парировал: «Игорь Васильевич, пошлите его на лингвистический съезд». Раздался общий хохот, и в результате среди делегированных оказался беспартийный (что еще допустимо), но неженатый (а это уже было явно против тогдашних канонов) Муховатов.

К слову, сегодня он — известный специалист в области высокотемпературной плазмы и управляемого термоядерного синтеза, много сделавший для создания Международного экспериментального реактора ИТЭР*, строящегося в г. Кадараш (Франция). На 90-летие Явлинского он прислал из далекой Японии, где находился в командировке, короткое письмо, передающее характер отношений, складывавшихся в первые годы освоения УТС между начальником и его молодыми сотрудниками: «Мое восприятие Натана Ароновича как руководителя было таково, что он всегда рядом, и ты в фокусе его внимания. Он восхищается тобой и считает тебя умнее и благороднее, чем ты сам

о себе думаешь. Он видит и понимает явные и тайные мотивы твоих действий, и не осуждает тебя, а огорчается из-за частых несоответствий твоих действий с его представлениями о тебе. Это в какой-то мере объясняет, как могло случиться, что человечество выдумало Бога в человеческом образе».

А Ксения Разумова сформулировала основные натановские принципы: «Рост твоих подчиненных гораздо полезнее твоего собственного; позаботься о своих сотрудниках и помоги им раньше, чем они об этом попросят, — тогда они будут спокойно работать, полностью отдавая себя делу; никогда не задерживай человека, если он хочет уйти из подразделения — меньше будут уходить; «будь хорошим директором на своем заводе» (его выражение), а не сваливай на то, что кто-то плохо работает сверху или сбоку; в первую очередь надо премировать рабочих и лаборантов, и в самую последнюю — руководство; ничего для себя».

Эти правила были для него незыблемы. Он жил по ним ежедневно, деловыми и человеческими качествами подавая нам, сотрудникам его сектора, пример неизменной доброжелательности к окружающим и достойного служения науке.

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

ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ



Наша планета подвержена негативному влиянию человеческой деятельности и различных природных изменений, поэтому необходимо как можно тщательнее отслеживать эти воздействия и предотвращать их последствия. Одним из аспектов экологии является так называемая геодинамическая безопасность. О значении этого вопроса и о соответствующей работе ученых журналисту газеты «Наука в Сибири» Е. Пустоляковой рассказал директор Западно-Сибирского филиала Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, доктор геолого-минералогических наук Аркадий Курчиков.

Речь идет о защищенности природно-технических систем и объектов, которые функционируют в тех районах, где человек ведет активную промышленную деятельность: она обеспечивает минимально допустимый риск как для самих систем и объектов, так для людей и окружающей среды.

Происходящие с земной корой и внутри нее процессы (вертикальные и горизонтальные сдвиги поверхности, газовые грифоны, водоносные горизонты и их загрязнения, землетрясения) тесно связаны с

Нефтяные буровые установки (Нефтеюганск).



Пример негативного влияния аварии на нефтяных вышках на окружающую среду.

разработками нефтегазовых месторождений. В итоге, с одной стороны, — по словам А. Курчикова, — техногенное воздействие может привести к необратимым изменениям самой земной поверхности, с другой — в результате отбора углеводородного сырья в промышленных количествах и закачек минерализованных подземных вод в скважины нарушается природное состояние недр. Это, по мнению ученого, в первую очередь вызывает деформации верхней части земной коры с возможным серьезным влиянием на инженерно-техническое и обычное бытовое строительство в районах промыслов, например, разрушение зданий и сооружений. Если же речь идет о серьезных последствиях для нефтегазодобывающей промышленности, то это чревато поломками колонн скважин, разрывами трубопроводов. Кроме того, загрязняются водоносные горизонты, а также формируются техногенные землетрясения с магнитудой 1–3 балла.

В нашей стране вопросы геодинамической и геомеханической безопасности разработки месторожде-

ний углеводородного сырья регламентируются несколькими документами: «Положение о геологическом и маркшейдерском* обеспечении промышленной безопасности и охраны недр» (Госгортехнадзор России, 2001 г.), «Инструкция по производству маркшейдерских работ» (Госгортехнадзор России, 2004 г.).

В настоящее время специалисты, отметил А. Курчиков, уже разработали методику получения геолого-тектонической модели, которая является основой обоснования наличия геодинамических полигонов, выполнения системного мониторинга и интерпретации полученных результатов, направленных на обеспечение безопасности и решение ряда проблем, возникающих при работах на месторождениях. Исследования современных геодинамических процессов выполняются в трех главных направлениях: оценка экологического риска объектов нефтегазового комплекса; оптимизация систем разработки месторож-

*Маркшейдер — горный инженер, который специализируется на пространственно-геометрических измерениях в недрах Земли (прим. ред.).



Добыча полезных ископаемых.

дений на основе геодинамики; мониторинг земной поверхности нефтегазовых объектов на основе метода спутниковой радарной интерферометрии.

Эффективность полученных технологий и исследований заключается в получении опережающей информации по данным мониторинга о происходящих процессах, выявлении зон риска, принятии управленческих решений, составлении рекомендаций по безопасному ведению работ при разработке месторождений. Создание эффективной технологии слежения за природно-техногенными геодинамическими событиями и формулирование научно-методических принципов оценки геодинамического риска позволяют обеспечить защищенность систем от воз-

можного негативного воздействия на период разработки нефтяных и газовых месторождений. Надежные оценки и совокупность превентивных мер ориентированы на устойчивое развитие предприятий, рациональное недропользование и охрану окружающей среды.

Пустолякова Е. Геодинамическая безопасность: еще один аспект экологии нашей планеты. — Газета «Наука в Сибири», 2011, № 39

Иллюстрации с интернет-источников

Материал подготовила Ольга АРТЮХИНА



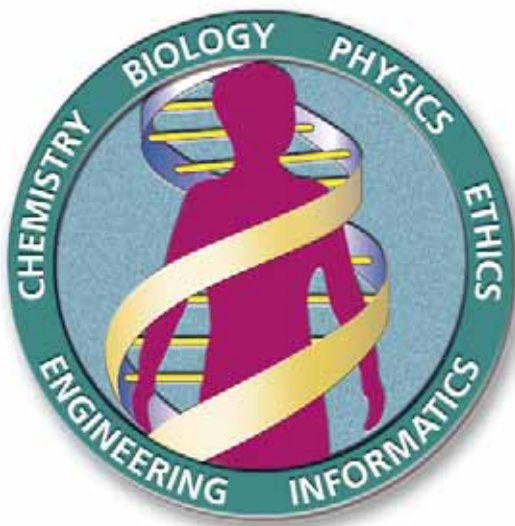
Научно-популярный, иллюстрированный журнал «Человек», орган Президиума РАН, основан в 1990 г. академиком Иваном Фроловым.

Издание призвано публиковать прежде всего результаты комплексного, междисциплинарного изучения *Homo sapiens*, итоги соответствующих исследований в области гуманитарных и естественных наук.

Так, на страницах журнала постоянно освещался проект «Геном человека», его проблемы, пути реализации, нравственно-этические аспекты (статьи академика Александра Баева в 1990 и 1991 гг., академика Рэма Петрова в 2000 г. и других ученых).

Сегодня в этом издании данная тема представлена уже в прикладных аспектах — разработках в области генной инженерии в контексте биомедицинской этики. Предлагаем читателям статью, перепечатанную нами без изменений из журнала «Человек» № 2 за 2012 г.

ВЫХОД ЗА ПРЕДЕЛЫ ВОЗМОЖНОГО: ПРОЕКТ «ГЕНОМ ЧЕЛОВЕКА»



Доктор биологических наук Петр ЧУМАКОВ,
заведующий лабораторией пролиферации клеток
Института молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта РАН
и лаборатории Lerner Research Institute (США).

Человечество меняется на глазах, и меняется такими темпами, которые история еще не видела. Однако стал и станет ли другим сам человек? Приведет ли развитие биотехнологий к изменению биологической природы человека? Все это сегодня, в первые десять лет нового тысячелетия — насущные вопросы. Не так очевидны они были пару десятилетий назад, когда академик Иван Тимофеевич Фролов поставил задачу комплексного мультидисциплинарного изучения проблемы человека. Прошедшие годы показали, насколько актуальными остаются его идеи.

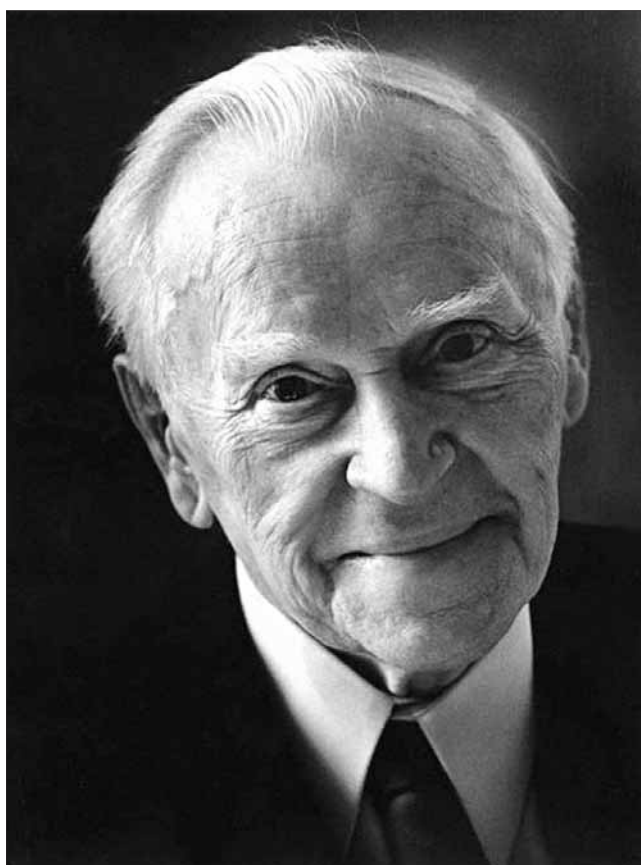
Логотип международного проекта «Геном человека».

Академик Александр Баев.

Человеческая цивилизация стоит на пороге качественного скачка не только в технической сфере. Подспудно происходит еще одна революция, связанная с пониманием биологической природы человека, наследуемых возможностей и ограничений, заложенных в нашем геноме. Символично, что именно в последний год прошедшего тысячелетия была полностью расшифрована наследственная информация, кодирующая все признаки и биологические процессы человеческого организма. Усилиями международного проекта «Геном человека» определена последовательность всех 3 млрд пар нуклеотидов ДНК, находящихся в 23 парах хромосом. Это означает, что теперь мы обладаем полной информацией о потенциальной структуре каждого из 23 тыс. генов, составляющих наш геном, можем на основе этой информации составить представление о структуре всех белков, закодированных в геноме. В руках исследователей впервые оказалась подробнейшая «дорожная карта», пользуясь которой генетические исследования ускоряются в десятки и сотни раз.

Работа над международным проектом «Геном человека» в нашей стране связана с именем И.Т. Фролова. Печальна судьба отечественной биологической науки, поскольку ее существование и развитие проходило в основном не «благодаря», а «вопреки» действиям властей. Усилиями Т.Д. Лысенко и его последователей традиционно сильная советская генетика была практически разгромлена. Безусловно, не без влияния Фролова в семидесятые годы прошлого века были, наконец, развернуты работы по молекулярной биологии и выросло целое поколение ученых, к которому я отношу и себя. Мы включились в международные исследования молекулярных основ жизни через десятилетие после главного для биологии события двадцатого века — открытия двойной спирали ДНК, объяснившего эмпирические законы классической генетики на молекулярном уровне. На очереди было понимание структуры и функции индивидуальных генов. Вначале эти исследования проводились на моделях простейших живых организмов — вирусов, а с начала восьмидесятых годов совершенствование методов манипуляции с ДНК позволило приступить к изучению структуры и экспрессии генов животных и человека.

Понадобилось еще одно десятилетие, чтобы прогресс научных технологий позволил понять структуру всего генома человека. За эти годы была создана мощнейшая индустрия, обеспечивающая молекулярно-биологические исследования, масштабы которой намного превосходят индустрию лекарственных средств. Стремительно разрабатывались и совершенствовались специализированные приборы, автоматизировались и ставились на поток методы анализа, например процесс определения последовательности нуклеотидов в ДНК. Однако масштаб задачи определения структуры генома был поистине



фантастическим: предстояло прочесть более 3 млрд «букв». Чтобы записать этими буквами наш геном в книги, в каждой книге по 1000 страниц, на каждой странице по 1000 букв, понадобилось бы более 300 томов. Было ясно, что для решения этой задачи потребуются многолетнее взаимодействие ученых на международном уровне.

К середине восьмидесятых в нескольких национальных лабораториях США при поддержке Министерства энергетики широким фронтом велись исследования по точному картированию отдельных генов на хромосомах человека, что позволило к 1987 г. сформулировать стратегическую задачу по определению последовательности всех 3 миллиардов пар звеньев ДНК человека. Активную роль в этих планах играл первооткрыватель структуры ДНК Джеймс Уотсон, который был назначен первым директором центра по изучению генома человека при Национальном институте здоровья США.

В нашей стране идею о необходимости участия СССР в определении структуры генома человека выдвинул академик А.А. Баев. Его поддержал Иван Тимофеевич Фролов, который убедил в этом М.С. Горбачева. Вопрос был поставлен на Политбюро, в результате чего родилась советская программа по изучению генома человека. В то же время была создана международная организация HUGO, которая распределила между странами-участницами междуна-



Репликация ДНК.

родного консорциума отдельные хромосомы, структуру ДНК которых предстояло определить. Нашей стране достались три (3, 7 и 19-ая) очень важные для медицины хромосомы, в которых расположены гены, повреждаемые при ряде злокачественных заболеваний. Поначалу советская программа скромно, но финансировалась, и за короткий срок были получены вполне достойные результаты. Однако, к сожалению, с развалом СССР финансирование полностью прекратилось, и Российская программа прекратила свое существование.

Следуя своей роли единственной сверхдержавы, инициативу в исследованиях генома взяли на себя США. В 1990 г. правительство США выделило 3 млрд дол. на свой национальный проект, который предполагал определение структуры генома человека за 15 лет. Хотя в начале 1990-х годов формально функционировали две программы — американская и международная, значительная часть средств на проведение исследований в ряде стран-участниц международного проекта поступала из американского бюджета. В США основные работы велись в Национальном институте генома человека, где была принята стратегия определения по-

следовательности генома по принципу «ген за геном», что требовало предварительного точного знания последовательности расположения самих генов в хромосомах. Задача включала получение крупных фрагментов генома, содержащих блоки из нескольких генов. Эти блоки далее разбивали на более мелкие фрагменты, которые прочитывали на высокопроизводительных капиллярных сиквенаторах.

Один из архитекторов проекта американский исследователь Крэг Вентер посчитал, что данный подход стратегически неоправдан из-за чрезмерной трудоемкости и низкой скорости. Он выдвинул альтернативную стратегию — расшифровку генома по принципу «дробовика», т.е. определение последовательности коротких случайных фрагментов ДНК, а затем соединение всех кусочков в непрерывную структуру с помощью компьютерной программы. Однако данный подход не был поддержан руководством, и Крэг Вентер решил действовать самостоятельно. Он основал частную компанию Celera Genomics и привлек около 300 млн дол. частных инвестиций (т.е. в 10 раз меньше финансирования национального проекта). Работа стала продвигаться настолько

быстро, что это подтолкнуло правительственную программу к дальнейшему совершенствованию технологий и ускорению темпов получения результатов.

Особенно драматично соревнование двух программ проходило в 2000 г., в последние дни перед объявлением о завершении проектов. Частная компания обладала сверхмощным компьютером, который позволял быстро собирать разрозненные фрагменты структуры в непрерывную последовательность. Компания была практически готова завершить задачу, когда правительственная программа совершила заключительный прорыв: ее участникам удалось соединить 50 персональных компьютеров, и с помощью специально созданной программы быстро завершить сборку, опередив коммерческую программу на четыре дня. В результате, к лету 2000 г. задача по определению структуры генома человека была завершена с опережением на пять лет. Ученые опубликовали «черновик» структуры генома, предполагая, что оставшиеся «белые пятна» не содержат важной структурной информации и в основном состоят из незначущих повторов. Эти бреши были большей частью заполнены в 2003 г. после официального завершения проекта.

Параллельно с геномом человека расшифровке подлежали геномы других организмов: мышей, крыс, лошадей, обезьян, дрожжей, дрозофилы, нематод. Полученные данные позволили проследить эволюцию геномов, сравнить структуру генов на различных стадиях эволюции. Совершенствование чувствительности методов позволяет теперь успешно продвигать проекты по определению геномов даже вымерших организмов, например мамонта или неандертальца. В таких случаях ДНК для изучения получают из останков, уцелевших в вечной мерзлоте, или путем экстракции из костей. Определение структуры ДНК ископаемых организмов — первая стадия в долгом, но уже намеченном пути воссоздания утраченных видов.

Раскрытие структуры генома уже позволило сделать множество сенсационных открытий. Если раньше мы знали, как устроен отдельный ген, то теперь можем представить общую организацию генома, взаимное расположение генов и межгенных участков. Было установлено, что только 1–1,5% генома посвящены кодированию белков, следовательно, остальная часть ДНК содержит информацию о регуляции работы отдельных генов, а также состоит из неактивных и незначущих сегментов.

Полученные данные свидетельствуют о том, что наш геном содержит значительно меньше генов, чем прогнозировалось раньше — всего 21–24 тысячи. Поразительно также то, что геном микроскопической нематоды *C. elegans*, включает всего вдвое меньше генов, чем геном человека. Таким образом, эволюционные различия между организмами могут в

значительной степени объясняться количественными параметрами экспрессии генов и небольшими вариациями структуры самих генов. Появление позвоночных потребовало дополнительного приобретения всего 7% генов. Это открытие подчеркивает значимость информации, полученной на простых биологических моделях, поскольку основные механизмы функционирования систем клетки очень близки даже у организмов, далеко отстоящих друг от друга на эволюционной лестнице.

Несмотря на очень близкое число генов, геномы даже достаточно эволюционно близких организмов могут сильно различаться по размеру, что обусловлено неодинаковым количеством некодирующих участков, всевозможными повторами, присутствием остатков внедрившихся вирусных ДНК и мобильных генетических элементов. Некоторые из таких исходно незначущих участков могли брать на себя новые функции, участвуя либо в регуляции работы того или иного гена, либо приобретая способность кодировать новый белок, т.е. давать начало новому гену.

Изучая в сравнении различные геномы можно сделать предположение, что помимо медленной и постепенной эволюции, связанной с накоплением и закреплением мутаций — замен отдельных звеньев ДНК цепи, — иногда скачкообразно происходили очень сильные изменения, при которых наблюдалось внедрение в различные участки генома большого числа мобильных элементов. Безусловно, такое внедрение представляло своего рода катастрофу, так как нарушалась и изменялась функция сразу множества генов. Подавляющее большинство организмов после такой катастрофы, которая могла происходить в момент зачатия, просто не рождались. Но какая-то ничтожная часть измененных организмов могла выжить, и, более того, родиться в виде близнецов, что создавало условия для последующего размножения. Таким взрывообразным образом могли образовываться новые виды организмов.

Имея информацию о структуре всех генов, можно проводить сравнение разных генов, находить между ними родство, объединять их в группы, предсказывать потенциальные функции ранее неизвестных генов. Теперь мы способны наблюдать появление новых генов в процессе эволюции, когда в результате удвоения гены вновь образовавшейся пары начинают все дальше расходиться, приобретая свои дополнительные характерные функции. В последние годы стремительно совершенствуются компьютерные программы, позволяющие ориентироваться в громадном массиве геномной информации. Они позволяют собирать кодирующие участки генов из разбросанных кусочков, находить всевозможные регуляторные и сигнальные последовательности. Развитие новых технологий дает возможность выделять в этом виде ранее неизвестные гены, проводить испы-

тание их функциональных свойств путем экспериментального введения в клетки. Другим мощным инструментом для изучения является специфическое выключение того или иного гена, что можно проводить на культуре клеток или на целом модельном организме (дрозофилы, мыши и т.д.).

Перечисленные блага, открывшиеся после определения структуры генома человека, касаются в основном ученых, получивших богатейший материал и мощнейший инструмент для дальнейших исследований. Что же дает это знание, и какие перспективы оно открывает для обычных людей? Понять и ощутить это мы сможем уже очень скоро. Прочтение генома среднестатистического человека дает лишь общую схему, не содержащую информации об индивидуальных особенностях генома конкретного человека. Между тем, вся информация о человеке, его внешнем виде, склонностях, предрасположенностях к болезням, способностях записана в геноме каждого из нас. В связи с этим перед наукой встают две стратегические задачи: сделать доступным для обычных людей определение структуры их генома и извлечь из этого массива информации сведения о тех или иных индивидуальных признаках.

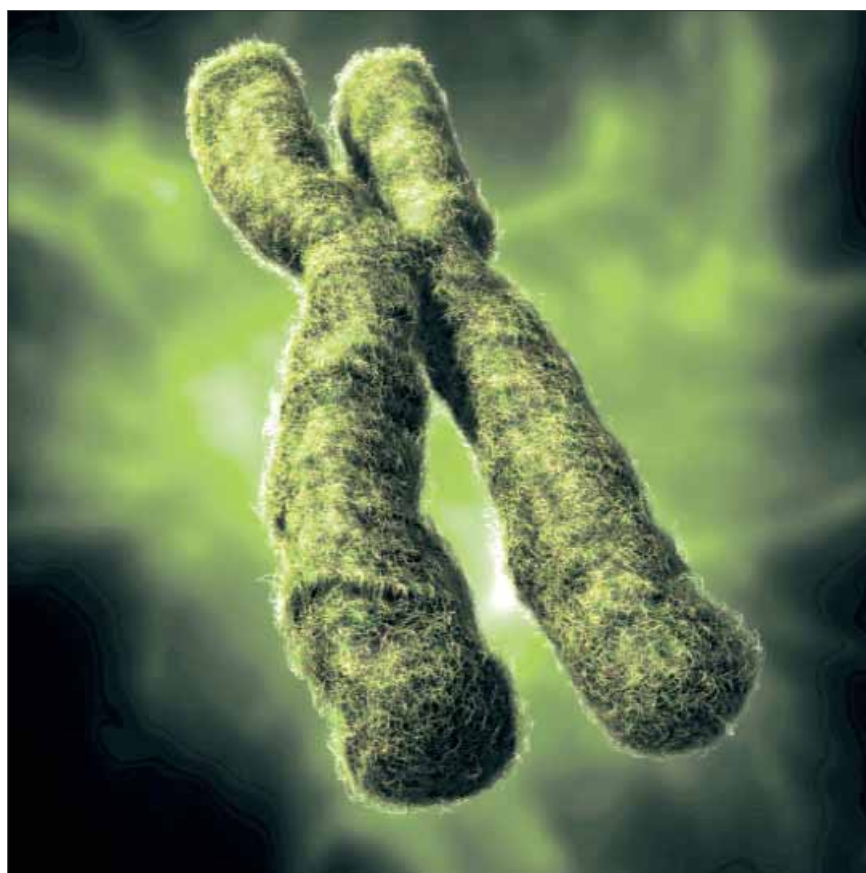
Индивидуальные различия между людьми определяются полиморфизмом отдельных генов. Каждый признак кодируется по крайней мере парой генов, поскольку геном организован таким образом, что каждый ген представлен двумя копиями, унаследованными от каждого из родителей. Гены содержат вариации, т.е. полиморфны, и от сочетания двух разных копий одного гена зависит проявление того или иного признака. В настоящее время идет активный поиск корреляции тех или иных признаков с индивидуальной структурой отдельных генов. Сравнивая большие группы людей, объединенных общей структурой того или иного гена, можно понять, как эта структура связана с проявлением признака. Исходя из особенности структуры данного гена у отдельного человека, можно делать прогноз о проявлении признака.

Поиск корреляций между структурой гена и фенотипом (проявляющимся признаком) — наиболее сложная часть исследований. Куда проще обстоит дело с технологией определения последовательности ДНК, которая стремительно совершенствуется и удешевляется. Если расшифровка первого генома потребовала более десяти лет и около 3 млрд долларов, то в настоящее время процедура определения структуры всех генов доступна всем желающим, ее стоимость 10 тыс. дол., срок выполнения 2 недели. Прогнозируется, что за 5–10 лет стоимость снизится до 100 дол., а сам анализ будет занимать пару часов. Это означает, что в ближайшем будущем каждый человек сможет узнать индивидуальную структуру своей ДНК. Такой анализ можно будет сделать в родильном доме.

Однако уже сегодня мы можем многое узнать об индивидуальных особенностях нашей ДНК за счет альтернативной и более простой технологии. Ученые хорошо знают, какие участки отдельных генов наиболее часто подвержены различиям. В геноме содержится несколько миллионов таких полиморфных участков. В качестве материала обычно забирается слюна, из которой выделяется ДНК. Путем инкубации ДНК с микрочипом, содержащим около миллиона индивидуальных варьирующих сегментов ДНК, проводится быстрое определение этих различий. В мире существует несколько коммерческих компаний, предоставляющих подобные услуги по вполне доступной цене. Кроме полной информации о своих индивидуальных различиях, пациент с помощью интернета получает доступ к ресурсам, позволяющим делать прогнозы о предрасположенности к различным заболеваниям, способностям, вкусовых пристрастиях, темпераменте. Хотя исследования по выяснению корреляции между полиморфизмом генов и соответствующими признаками были начаты сравнительно недавно, в результате типичного анализа уже сейчас можно сделать много полезных прогнозов. Они помогают пациенту более трезво оценивать свои способности, предрасположенности и склонности, вырабатывать привычки, позволяющие избежать проявления болезней или, в случае особой предрасположенности к отдельным заболеваниям, вовремя провести медицинское обследование, чтобы на уже ранних стадиях выявить ожидаемые болезни. Например, известно, что диабетом II типа в течение жизни заболевает около 26% людей. По результатам анализа вероятность заболевания может составлять 54% или, наоборот, 17%. В соответствии с этим люди с повышенной склонностью к диабету могут принять такие профилактические меры и разработать такую диету, которые позволят им сохранить здоровье.

С помощью расшифровки ДНК можно предсказать повышенную вероятность заболевания той или иной формой рака, чтобы сфокусировать внимание на регулярных избирательных медицинских осмотрах. Известно, что борьба с курением зачастую наталкивается на такой аргумент, что человек может курить всю жизнь, дожить до ста лет, и не заболеть раком легких. Однако часты случаи, когда люди заболевают уже после пяти лет курения, и статистика доказывает, что именно курение является основной причиной. Генотипирование позволяет сделать прогноз о вероятности заболевания раком конкретного курильщика. В случае выявления предрасположенности это становится мощным стимулом для избавления от вредной привычки.

Особую ценность информация о генетических особенностях конкретного пациента имеет для врача, который сможет назначать индивидуальное лечение. Одно и то же лекарственное средство может оказы-



**Наследственная информация
сосредоточена в хромосомах.**

вать разный эффект на пациентов. Это проявляется наиболее наглядно в действии кофеина: у одних даже чашка чая вызывает сердцебиение и бессонницу, в то время как другие могут потреблять кофе почти без видимых последствий. При изучении индивидуальных особенностей действия лекарств сейчас возникает новая дисциплина — фармакогенетика, которая использует полученную информацию для выбора лекарственных препаратов, оптимальных для конкретного пациента.

Вообще, медицина будущего видится как сугубо индивидуальная, персонифицированная помощь людям. Характер течения заболевания также определяется генетикой больного, и в соответствии с этим должна строиться индивидуальная стратегия его лечения. Особенно это касается злокачественных заболеваний, поскольку каждая опухоль уникальна. В процессе образования и развития опухоли происходит последовательное накопление генетических повреждений во множестве генов, причем сочетание «поломок» в разных опухолях практически не повторяется. Выявление набора этих повреждений возможно по результатам анализа ДНК опухоли. Уже в очень недалеком будущем наряду с микроскопическим анализом биопсийного материала будет осуществляться анализ ДНК опухоли. Компьютерная программа подскажет врачу, какие процессы в клетке

оказались нарушены в результате прогрессии опухоли и какие из существующих препаратов могут наилучшим образом подходить для лечения данной конкретной опухоли, с учетом индивидуальных особенностей генетики пациента.

Знание структуры генома позволяет выявлять наследственные дефекты, лежащие в основе многих серьезных заболеваний. Наследственные болезни чаще проявляются, когда человек получает по одной дефектной копии гена от каждого из родителей. Для многих наследственных болезней уже установлено, в каком гене происходит мутация, и для выявления поврежденных участков разработаны диагностические тесты. Но вот как избавить пациента от рока его наследственной предрасположенности, как предотвратить заболевание? Медицина сегодняшнего дня бессильна устранить причину заболевания — наследственную мутацию. Лечение таких больных ограничивается устранением последствий и симптомов. Но уже сейчас в исследовательских лабораториях полным ходом разрабатываются такие подходы, которые позволят в недалеком будущем исправлять наследственные дефекты генов и бороться с первичной причиной болезни.

Еще более радикальным способом борьбы с наследственными болезнями было бы устранение передачи дефектного признака по наследству. Решение



Первое бумажное издание человеческого генома. Выставлено в Музее Лондона.

этой проблемы раньше виделось возможным только путем разного рода евгенических мероприятий, например, стерилизацией носителей наследственных болезней, что по понятным причинам отвергалось обществом. Сегодня горизонты науки раздвинулись так далеко, что уже не столь фантастическим кажется возможность скорого внедрения технологий, позволяющих заменять поврежденный участок ДНК прямо в сперматозоиде или яйцеклетке.

Надежды на это вовсе небезосновательны, поскольку, опираясь на знание структуры генома и расположения повреждения гена, отвечающего за конкретную болезнь, а также на успешно разрабатываемые технологии направленных генетических рекомбинаций, такие процедуры, безусловно, станут возможными в течение ближайших тридцати лет. Их дальнейшее совершенствование вскоре значительно расширит круг признаков, подлежащих исправлению. Массовое использование таких технологий позволит постепенно снизить частоту таких серьезных заболеваний как рак, атеросклероз, инфаркт, инсульт, диабет (список можно продолжить). Человечество

в целом станет более здоровым, поскольку оздоровится сам генофонд. Думается, что такого рода евгеника вполне соответствует этике нашего времени и без особых возражений будет принята обществом.

Как бы ни были благородны цели разрабатываемых технологий, их применение может дать не только блага для человечества, но и поставить его перед лицом новых угроз. До какой степени вмешательство в нашу генетику можно считать приемлемым? Что произойдет, если мы попытаемся внедрить в наш геном какой-либо новый ген, который позволит нам как-то расширить свои индивидуальные возможности?

В отличие от исправления повреждений в существующих генах, внедрение любого сегмента генетической информации в геном может привести к совершенно непредсказуемым последствиям. Сложность организации живой клетки, а тем более живого организма, пока нами совершенно не познана. Например, каждый участок нашей ДНК в клетке занимает вполне определенное место в пространстве клеточного ядра. Многие, если не все, матричные РНК за-

программированы к выходу из ядра по фиксированным путям. Затем они транспортируются в заданные участки цитоплазмы, где программируют синтез белков. Вся эта пространственная организация способствует оптимальному функционированию клетки. Она складывалась в ходе длительного эволюционного отбора, обеспечившего тонкий баланс сложнейших взаимосвязанных регуляторных процессов. Что будет с внедренным участком ДНК? Очевидно, что последствия внедрения будут зависеть от того, в каком месте конкретной хромосомы этот участок окажется. Далее, совершенно неясно, в каком участке цитоплазмы будет оптимально синтезироваться и функционировать белок, кодируемый новым участком ДНК, и как его присутствие повлияет на всеобъемлющую цепь сбалансированных взаимодействий и процессов в клетке.

В клетке существует также внутренняя иммунная система (система, центральным компонентом которой является белок р53), которая в ответ на всевозможные нештатные ситуации, повреждения и сбои процессов вызывает самоуничтожение клетки. Эта система призвана обеспечивать незыблемость структуры нашей ДНК, а также соответствие всех процессов в клетке программам, записанным в нашем геноме. Велика вероятность, что внедрение новой генетической информации будет в какой-то мере активировать систему белка р53, что сделает такие трансгенные организмы менее жизнеспособными. Именно поэтому, по моему мнению, создаваемые сейчас трансгенные сельскохозяйственные растительные и животные организмы не представляют экологической опасности: попадая из лабораторий, заводов и сельскохозяйственных полей в дикую природу, они оказываются менее приспособленными к окружающей среде по сравнению с немодифицированными организмами.

Если создание генно-модифицированных сельскохозяйственных организмов полным ходом происходит уже сейчас и не представляет ни серьезных этических, ни, тем более, экологических проблем, то перенос тех же технологий на людей с целью улучшения нашей генетики в настоящее время кажется совершенно неприемлемым. К счастью, на данный момент затруднительно даже делать прогнозы в отношении того, когда подобные подходы станут реальными. Задача медицины — избавлять людей от болезней, но не подменять собой Бога. Если мы научимся исправлять «испорченные» гены и искоренять их из генофонда, человек и так будет воплощением совершенства. Средняя продолжительность жизни увеличится, по крайней мере, до 100–120 лет, уйдут в прошлое болезни, человек будет гармонично проходить все фазы своей долгой жизни и покидать этот мир с удовлетворением, практически здоровым, как это часто происходит с долгожителями.

В заключение хочется упомянуть об одном последствии расшифровки генома человека, которое в пер-

спективе объединит все человечество в одну большую семью. Уже сейчас, проводя сравнение полиморфных участков ДНК у разных людей, можно выявить их семейное родство. Распространение генетического тестирования приводит к появлению массивных баз данных, хранящих информацию об индивидуальной структуре геномов, пока многих тысяч, а в близкой перспективе — миллионов людей. Существуют и совершенствуются компьютерные программы, позволяющие выявлять в этих базах данных людей, связанных более или менее отдаленным родством, даже тех, чьи предки породнились более трехсот лет назад. Поскольку результаты генного тестирования отображаются в интернете, создается возможность поиска и общения потенциальных дальних родственников. Формируются своеобразные социальные сети, в которых могут общаться новоявленные родственники и выяснять возможные корни своего родства, обмениваться семейными историями, информацией о родословных. Примечательно, что подобные поиски выявляют высокую степень родства людей, проживающих в самых разных странах. Среди родственников оказываются люди разных национальностей, даже различных рас. Эти результаты указывают на абсурдность представлений о национальном превосходстве отдельных народов, поскольку все человечество образует непрерывную сеть, скрепленную мириадами межнациональных связей.

Современные информационные и биологические технологии стремительно, за полтора десятилетия, вошли в нашу жизнь, в результате чего сейчас мир бесповоротно изменился. Наконец люди и народы начинают образовывать единое человечество, с общим информационным пространством, пониманием своего взаимного родства, реальной перспективой преодоления болезней.

Иван Тимофеевич Фролов ушел из жизни десять лет назад, на самой заре новой эры, многие черты которой от прозорливо угадывал, но как много новых горизонтов открылось за это короткое время! Информационное и биологическое объединение человечества теперь позволяет с большим оптимизмом смотреть вперед, поскольку каждое неверное решение отдельного человека все в большей степени оказывается под контролем всего общества. Формируется коллективный *Homo sapiens*, мудрость которого станет надежным заслоном против любых попыток безответственного обращения с нашей биологической природой.

Иллюстрации из архива редакции журнала «Наука в России» и интернет-источников

РУССКИЕ ПОЛЯРНЫЕ ЭКСПЕДИЦИИ 1912–1914 ГОДОВ

Кандидат географических наук
Вячеслав МАРКИН,
действительный член
Русского географического общества

Сто лет назад, в конце лета 1912 г., в Северный Ледовитый океан из разных исходных пунктов вышли три российских экспедиционных судна. 27 августа из архангельского порта через Белое море в Баренцево направилось парусно-моторное судно «Св. великомученик Фока» (начальник Георгий Седов). Спустя сутки из гавани Александровск-на-Мурмане также в Баренцево море вышла шхуна «Св. Анна» (начальник Георгий Брусилов). Наконец, в том же августе покинуло восточные берега острова Шпицберген зверобойное судно «Геркулес» (руководитель Владимир Русанов). Из этих трех судов на Большую землю вернулся только «Св. Фока».

ПРОЕКТЫ ЛОМОНОСОВА И КРОПОТКИНА

Целью экспедиции Седова было водружение в месте пересечения меридианов русского национального флага, а руководимых Брусиловым и Русановым — продвижение сквозь дрейфующие льды к Берингову проливу в поисках северо-восточного прохода из Атлантического океана в Тихий. Нельзя не упомянуть и еще об одном полярном морском походе тех лет — Гидрографической экспедиции Северного Ледовитого океана. Хотя и с некоторым запозданием, они по

сути исполняли план изучения русских северных морей, предложенный еще ученым-энциклопедистом Михаилом Ломоносовым, а позднее географом и геологом князем Петром Кропоткиным*.

В 1763 г. Ломоносовым была составлена записка «Краткое описание разных путешествий по северным морям и показания возможного прохода Сибирским океаном в Восточную Индию». В ней выдающийся естествоиспытатель фактически предсказал

*См.: В. Маркин. Князь Петр Кропоткин в Британии. — Наука в России, 2003, № 4 (прим. ред.).

**Метеорологическая станция
в бухте Тихой.**
Фото А. Краснова



возможность прохождения судов из Европы в Азию через Северный Ледовитый океан. В 1766 г. экспедиция флотоводца Василия Чичагова предприняла попытку проникновения в высокие широты Арктики к северу от Шпицбергена в соответствии с разработанным Ломоносовым проектом (правда, Михаил Васильевич исходил из оказавшегося неверным представления о существовании свободного ото льдов моря в районе полюса).

Более века спустя, в феврале 1871 г., на объединенном заседании отделений математической и физической географии Русского географического общества только что вернувшийся из путешествий по Сибири Кропоткин прочитал доклад «Экспедиция для исследования русских северных морей». Начав свое выступление словами: «как океан, так и разбросанные среди Северного Ледовитого океана открытые до сих пор острова остаются большей частью совершенно неисследованными», он предложил проект комплексного их изучения, т.е. климата, льдов, геофизических особенностей. Такие работы, безусловно, должны предшествовать поиску морских путей из Европы в Азию. Опираясь на данные флотского офицера Николая Шиллинга о распространении морских течений, автор доклада указал на возможность существования неизвестной земли к северо-востоку от Шпицбергена. Двумя годами позже она была открыта австро-венгерской экспедицией и названа Землей Франца-Иосифа.

В ожидании решения Морского министерства относительно своего проекта Кропоткин отправился на поиски следов древнего оледенения в Финляндию и Швецию и в Стокгольме встретился с геологом, географом и мореплавателем Нильсом Адольфом Эриком Норденшельдом (иностранн член-коррес-

пондент Петербургской АН с 1879 г.), проводившим до этого исследования на Шпицбергене и в Гренландии. Он поведал ему о полярном проекте, который шведский ученый горячо поддержал. К сожалению, экспедиция Кропоткина не получила финансирования. А вот Норденшельду удалось организовать морской поход в Арктику: в 1878–1879 гг. на паровой шхуне «Вега» он за две навигации (с зимовкой у берегов Таймыра) прошел вдоль северного побережья России в Тихий океан и, вернувшись в Швецию через Суэцкий канал, стал первым мореплавателем, обогнувшим материк Евразия.

ДВЕ ЗИМОВКИ ГЕОРГИЯ СЕДОВА

26 августа 1957 г. экспедиция Международного геофизического года, в которой довелось участвовать и автору данной статьи, прибыла для двухлетней работы на остров Гукера, входящий в состав архипелага Земля Франца-Иосифа. На берегу бухты Тихой, где встало на якорь наше судно «Немирович-Данченко», была в том же году построена и действовала на протяжении последующих 30 лет полярная радиометеостанция. Но бухта Тихая известна еще и тем, что в ней стояло на якоре судно «Св. великомученик Фока» направлявшейся к Северному полюсу экспедиции старшего лейтенанта флота Георгия Седова. Какой же жизненный путь прошел этот мужественный, неординарный человек?

Родившись в знойном Приазовье в семье рыбака и окончив мореходные классы, Седов плавал матросом и штурманом на Черном и Средиземном морях, затем стал капитаном небольшого судна. А после сдачи экстерном экзамена в Морском корпусе в Петербурге был зачислен в Гидрографическое управление. В качестве офицера-гидрографа его включили в состав



Георгий Седов.

Седов в своей каюте на судне
«Св. великомученик Фока».



полярной экспедиции генерала Варнека на судне «Пахтусов», обследовавшей берега Новой Земли. Его принимают в Русское географическое общество и Петербургское общество естествоиспытателей. Командуя миноносцем на Амуре, он участвовал в Русско-японской войне 1904–1905 гг. В ряде статей, им опубликованных, Седов выступал за организацию исследований Великого океанского пути из Атлантического океана в Тихий (так называл он Северный морской путь).

Намерение Седова водрузить российский флаг на Северном полюсе было поддержано кругами, озабоченными потребностью восстановления престижа Российской империи после поражения в Русско-японской войне и последовавшей за ней революцией 1905–1907 гг. В марте 1912 г. в газете «Новое время», издававшейся Алексеем Сувориным, печатается призыв Седова поддержать его патриотическое начинание. «Русский народ, — писал он, — должен принести на это национальное дело небольшие деньги, а я приношу свою жизнь». Целеустремленность и самоотверженность офицера нашли поддержку в обществе. В газетах его стали называть «русским Нансеном», а отказ в предоставлении правительственных средств стимулировал кампанию по сбору частных пожертвований (Седову удалось собрать около 100 тыс. руб.). Но из-за поспешности подготовки к выходу «Св. Фо-

ки» в море был допущен ряд просчетов, главное — не загружен необходимый запас угля: поставщики обещали доставить его специальным судном, но не сдержали слова. Не вполне качественным оказалось и продовольствие.

Цели экспедиции Седова были, как бы мы сейчас сказали, политизированы. И свои сомнения по поводу их высказал «патриарх» российской географии, руководитель Русского географического общества Петр Семенов-Тянь-Шанский (почетный член Петербургской АН с 1873 г.). В то же время телеграмма со словами поддержки пришла из Норвегии от покорителя Южного полюса Руала Амундсена.

В намеченный срок «Св. Фока» отправился в плавание. Но уже вскоре попал в шторм, затем вторично у берегов Новой Земли — после него судно пришлось снимать с мели у входа в Крестовую губу. Время было потеряно, и «Св. Фока» уже не смог пробиться к Земле Франца-Иосифа через пояс сплошных льдов. Пришлось вернуться к Новой Земле и там зимовать. Выход с флагом на полюс откладывался. Но Седов помнил и о второй цели экспедиции — научных исследованиях. Ведь не случайно он пригласил участвовать в ней молодых талантливых ученых — географа и климатолога Владимира Визе (член-корреспондент АН СССР с 1933 г.), геолога Михаила Павлова, а также художника, писателя, исследователя



**В кают-компани судна
«Св. великомученик Фока».**

Севера Николая Пинегина. В этом отношении просчета не было. Напротив, благодаря их присутствию удалось достичь серьезных научных результатов, а труды (впервые в истории русских полярных экспедиций) были изданы.

С собачьей упряжкой Седов вместе с матросом Инютином обошел весь Северный остров архипелага Новая Земля, вплоть до его северной оконечности, мыса Желания. Сделана топографическая съемка побережья, Павлов собрал образцы горных пород, Визе выполнил комплекс метеорологических и гидрологических наблюдений. Но вынужденная зимовка на Новой Земле нарушила главный план — поход на Северный полюс. Тяжелые льды встретили «Св. Фоку», когда, оставив Новую Землю, судно вновь направилось к Земле Франца-Иосифа. И однажды несколько человек из экипажа потребовали от начальника повернуть назад, тем более что обещанное судно с углем так и не подошло. Но Седов был непреклонен: «Нам нужна Земля Франца-Иосифа... Идти же назад, пройдя труднейшую половину — преступление». И «Св. Фока» продолжает пробираться по проливам архипелага как можно дальше на север.

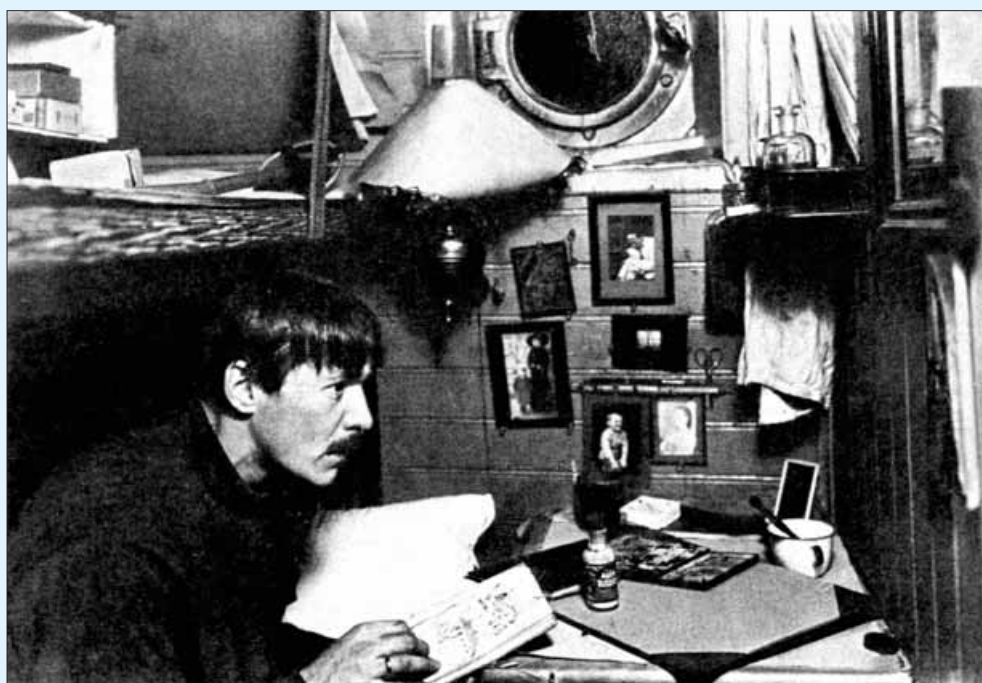
Ранним утром 10 сентября 1913 г. судно вошло в уютную бухту острова Гукера. Здесь решили остановиться на зимовку, чтобы с окончанием полярной ночи отправиться к Северному полюсу. Как и ранее на Новой Земле, на берегу бухты, названной Седовым Тихой, участники экспедиции поставили метеорологическую будку с термометрами, домик для магнитных наблюдений. Пока позволяла освещенность,

Павлов, Визе и Пинегин изучали окрестности — ледники и выступающие из-под них участки базальтового плато. Эту часть острова Пинегин назвал «горами Чюрлёниса». В 1950-х годах здесь работала советская экспедиция Международного геофизического года. Весь остров был нанесен на карту с привязкой к пунктам, координаты которых астрономически точно определялись.

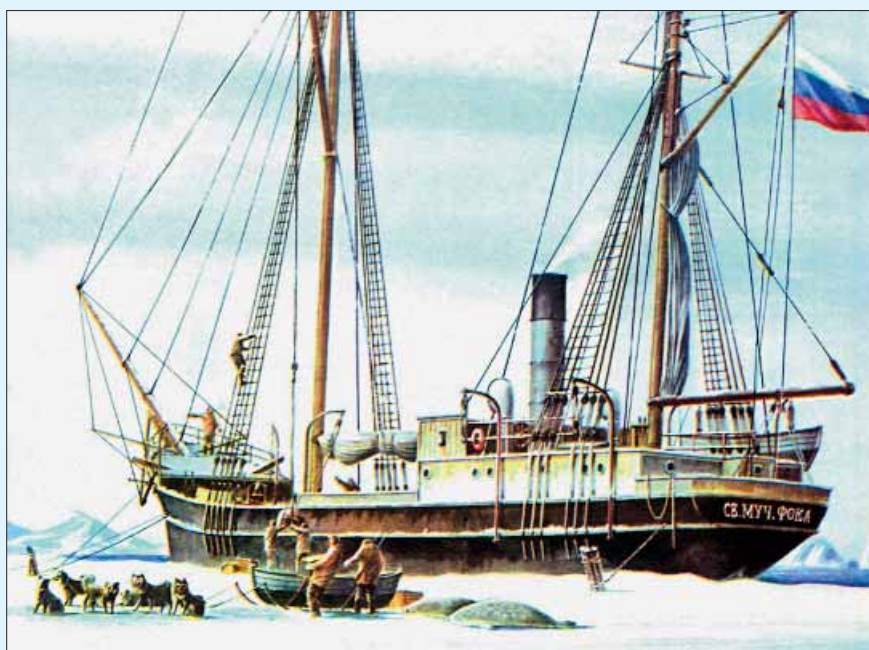
Вторая зимовка экспедиции Георгия Седова оказалась труднее первой на Новой Земле: не хватало топлива, продовольствия. Начала распространяться цинга, не избежал ее и Седов. Но едва поправившись, еще очень слабый, на рассвете 2 февраля 1914 г. он с матросами Григорием Линником и Александром Пустошным вышел в путь. В прощальном слове, обращенном к команде, он подчеркнул, что это лишь первая попытка русских достичь Северного полюса.

Они прошли не более десятой части тысячекилометрового пути к полюсу, как 20 февраля Седова не стало... Последние дни он, обессиленный, лежал на нартах, сжимая в руке компас и повторяя: «Только на север...».

А «Св. Фока» вопреки тяжелейшим обстоятельствам в августе 1914 г. добрался до мурманского побережья. Помимо ценнейших результатов научных исследований на Новой Земле и Земле Франца Иосифа, экипаж судна совершил еще одно доброе дело: им были доставлены на Большую землю случайно встреченные на мысе Флора штурман Валериян Альбанов и матрос Александр Конрад, два участника экспедиции Георгия Брусилова на шхуне «Св. Анна», пропавшей во льдах в 1914 г.



Участник экспедиции Георгия Седова
Николай Пинегин.



«Святой великомученик Фока» во льдах.
Рис. Н. Пинегина

ИСЧЕЗНОВЕНИЕ «СВЯТОЙ АННЫ»

В отличие от Седова, по крохам собиравшего на будущую экспедицию частные пожертвования, предприятие Георгия Брусилова с самого начала находилось в лучшем положении, поскольку ему покровительствовало Главное гидрографическое управление (Брусилов там служил), отвечавшее за проведение исследовательских работ в полярных морях, а роль главного инвестора взяла на себя жена прославленного генерала Алексея Брусилова Анна Николаевна. Георгий Брусилов (кстати, племянник генерала) в

1910–1911 гг. участвовал в Гидрографической экспедиции Северного Ледовитого океана на ледоколах «Таймыр» и «Вайгач», занимался картографированием берегов Чукотки. Тогда-то и возникла у него мысль о самостоятельном плавании через Северный Ледовитый океан с запада на восток. Но судьба паровой шхуны «Св. Анна», начальником экспедиции на которой он был, оказалась трагичной.

Уже в конце октября 1912 г. шхуна попала в ледовый плен, когда, благополучно пройдя через Карские ворота мимо Новой Земли, она оказалась у побере-



Георгий Брусилов.



Паровая шхуна «Св. Анна».

жья полуострова Ямал. Пришлось зимовать, дрейфуя вместе с ледяным полем на северо-запад, в направлении к Земле Франца-Иосифа. Попытки вырваться из этого плена не привели к удаче, и к северу от архипелага началась вторая зимовка, но уже в условиях недостатка топлива и продовольствия.

Этот изматывающий дрейф продолжался дольше 500 дней. Большую часть команды подкосила цинга. И по согласованию с начальником экспедиции штурман Валериан Альбанов собрал группу желающих покинуть корабль и отправиться пешком к ближайшей земле. 10 апреля 1914 г. четырнадцать человек ушли с судна. Из них только двое преодолели покрытый ледниками архипелаг и добрались до южной оконечности Земли Франца-Иосифа, мыса Флоры — Альбанов и Конрад. Они случайно встретились с возвращавшимся «Св. Фокой», на борт которого их взяли. Альбанов доставил на Большую землю некоторые материалы экспедиции и в 1917 г. опубликовал свой дневник под названием «На юг, к Земле Франца-Иосифа».

«Св. Анна» с оставшимися на ней 13 членами экипажа бесследно исчезла. Впрочем, один «след» остался — записка в бутылке, подобранной ровно через два года. Вот ее содержание: «В надежде больше не видеть Россию. Мы с честью расстаемся с жизнью. Команда. Мой последний привет из полосы вечных льдов. Брусилов».

СУДЬБА «ГЕРКУЛЕСА»

Руководитель экспедиции на судне «Геркулес» Владимир Русанов родился в Орле в семье купца 2-й гильдии, умершего, когда его единственному сыну шел пятый год. С детства отличавшийся стремлением к самоутверждению, он не избежал участия в ре-

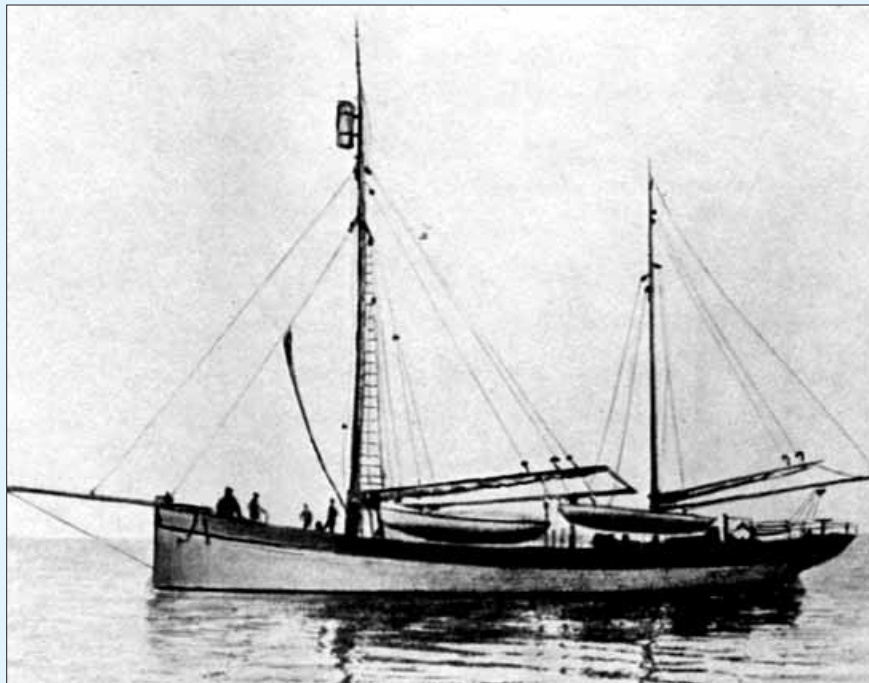
волюционной пропаганде, за что подвергался арестам, а затем на два года был сослан в Вологодскую губернию. Здесь воспитанник семинарии и недоучившийся студент Киевского университета впервые занялся исследовательской работой в бассейне Печоры, в глухом Зырянском крае. Освободившись из ссылки, Русанов поехал учиться в Париж, на естественный факультет Сорбонны. С 1907 по 1911 г. пять раз выезжал на Новую Землю, исследовал два ее острова в геологическом отношении вдоль и поперек. На Шпицберген он прибыл как опытный полярный геолог.

Весной 1912 г. на зверобойной шхуне «Геркулес», купленной в Норвегии, Русанов прибыл на Шпицберген. Вместе с геологом Рудольфом Самойловичем (будущим начальником нескольких советских арктических экспедиций) они обследовали выходы угольных месторождений на этом полярном архипелаге. В немалой степени благодаря именно этим работам Россия получила право на разработку каменного угля на Шпицбергене. Можно было возвращаться на родину, что и сделал Самойлович. А вот у Русанова и капитана «Геркулеса» Александра Кучина, совладельцев «Геркулеса», совсем другие планы, в которые они никого не посвящают.

«Геркулес» — надежное судно, испытанное в гренландских льдах, водоизмещением 64 т, с мотором 24 л.с. Его капитан — помор с берегов Белого моря Александр Кучин, с золотой медалью закончивший торгово-мореходное училище в Архангельске. Работая затем в Норвегии ассистентом известного океанолога Хелланд-Хансена, показал себя талантливым специалистом. Его принял в свою экспедицию к Южному полюсу Руал Амундсен, несмотря на то, что пришлось при этом нарушить постановление стор-



Владимир Русанов.



Шхуна «Геркулес».

тинга (парламента) об исключительно норвежском национальном составе экспедиции. На «Фраме» Амундсена Кучин проводил океанологические наблюдения и очень хорошо себя зарекомендовал.

В составленном Русановым «Плане Шпицбергенской экспедиции» последний, 10-й пункт, содержал следующее: «В заключение нахожу необходимым открыто заявить, что... я бы смотрел на обследование Шпицбергена как на небольшую первую пробу. С таким судном можно будет широко осветить, быстро двинуть вперед вопрос о Великом Северном морском пути в Сибирь и пройти Сибирским морем из Атлантического в Тихий океан». Покидая Шпицберген, Русанов оставил на норвежской радиостанции текст телеграммы для отправки в Санкт-Петербург: «Исследования на Шпицбергене закончены, программа выполнена... Много льдов. Иду на восток».

«Геркулес» взял курс на Новую Землю. Оттуда была отправлена еще одна телеграмма: «Иду к северо-западной оконечности Новой Земли, оттуда на восток. Если погибнет судно, направлюсь к ближайшим по пути островам: Уединения, Новосибирским, Врангеля. Запасов на год. Все здоровы. Русанов». Это было последнее сообщение с «Геркулеса»: он навсегда исчез во льдах. И только в 1934 г. у западного побережья Таймыра на одном из небольших островков, удален-

ных друг от друга на 80 км, обнаружен столб, на котором вырезано: «Геркулес 1913», на другом — вскрытые консервные банки, сломанные нарты, остатки одежды. Без сомнения, это были две стоянки погибшей экспедиции. Возможно, памятный столб поставлен близ места гибели «Геркулеса», откуда участники экспедиции, вероятно, отправились к Енисею. Конечно, нельзя утверждать абсолютно, но предположение о том, что экспедиция Русанова на «Геркулесе» открыла берега одного из островов архипелага Северная Земля, прежде чем она достигла берегов Таймыра, где судно, видимо, было раздавлено льдами и затонуло, вполне допустимо. К сожалению, тайна «Геркулеса» остается нераскрытой. Память о самоотверженном полярном исследователе сохраняется в географических названиях на карте Арктики, в музее его имени в городе Орле, в заботливо охраняемом российскими зимовщиками мемориальном доме на Шпицбергене, откуда он отправился в свою последнюю экспедицию.

Поиски следов пропавших в 1912 г. русских полярных экспедиций продолжались в последующие три года и оказались безуспешными, хотя в них участвовали четыре специально снаряженные парусно-моторные шхуны. В качестве консультанта выступил знаменитый норвежский полярный исследователь



Борис Вилькицкий.

В проливе Вилькицкого.

Фритъоф Нансен*, предложивший капитаном русской шхуны «Эклипс» Отто Свердруп — командира судна «Фрам», на котором Нансен совершил свое беспрецедентное плавание в арктических морях в 1893—1896 гг. Но и «Эклипс» ничего не обнаружила. Шхуна Свердрупа тоже попала в ледовый плен. Помощь ей оказали ледокольные пароходы «Таймыр» и «Вайгач», совершавшие в эти годы исторический переход с востока на запад Северным морским путем, с мечтой о котором погибли руководители русских полярных экспедиций 1912 г.

«ЭКСПЕДИЦИЯ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА»

Идея этой экспедиции возникла в Министерстве морского флота России в связи с Русско-японской войной 1904—1905 гг. Чтобы как-то поправить положение, решено было провести в Юго-Восточную Азию военные корабли Северным морским путем, возможность которого доказал Норденшельд своим плаванием вокруг Евразии.

Экспедиция на специально построенных Невским судостроительным заводом судах с ледовыми обвода-

ми «Таймыр» и «Вайгач» должна была разведать этот путь. Суда снабдили радиостанциями с дальностью действия до 150 миль. 22 июля 1911 г. они вышли из Владивостока, 13 августа прошли через Берингов пролив, затем обогнули Новосибирские острова и, дойдя до бухты Тикси на севере Якутии, где лежала на боку выброшенная на берег шхуна «Заря» Эдуарда Толля, повернули назад. Устье Колымы было последним местом гидрографических работ в 1911 г. В конце мая следующего года оба судна вновь покинули Владивосток, чтобы на этот раз произвести опись северных берегов Сибири, вплоть до устья Лены. Впервые корабль ледокольного типа «Таймыр» прошел севернее Новосибирских островов, ломая лед, путем, которым 12 лет до этого ушел на поиски оказавшейся мифической Земли Санникова барон Эдуард Толль, погибший при пересечении одного из проливов.

В 1913 г., когда начальником всей экспедиции стал Борис Вилькицкий*, сын начальника Гидрографического управления генерала Андрея Вилькицкого, суда «Таймыр» и «Вайгач» прошли значительно дальше на запад, до берегов Таймыра. Был открыт небольшой остров Малый Таймыр, а за проливом, букваль-

*См.: В. Маркин. Фритъоф Нансен и Россия. — Наука в России, 2011, № 5 (прим. ред.).

*См.: Ю. Супруненко. На изломе судьбы. — Наука в России, 2005, № 6 (прим. ред.).



Архипелаг
Северная Земля.

но забитым невесть откуда взявшимися айсбергами, возникли очертания гористой земли с куполообразными, как на Земле Франца-Иосифа, ледниками. Открытый остров назван Землей Императора Николая II (теперь это архипелаг Северная Земля). На следующий день, 22 августа 1913 г. высадились на низменном берегу, и на высоком шесте взвился российский флаг.

Когда 24 июня 1914 г. «Таймыр» и «Вайгач» вышли из Владивостока в свой третий поход на север, перед экспедицией была поставлена задача пройти весь Северный морской путь с востока на запад, по крайней мере, до Архангельска. На палубу «Таймыра» погрузили гидросамолет для производства ледовой разведки с воздуха, но, к сожалению, вскоре обнаружилась серьезная неисправность, не позволившая его использовать.

Суда без больших затруднений прошли Берингов пролив, обогнули с севера Новосибирские острова, участники похода описали южные берега открытой в прошлом году земли. Но непроходимые льды заставили корабли стать на зимовку, причем на расстоянии 16 миль друг от друга. В это же время у берегов полуострова Таймыр, у мыса Вильда, стояла на вынужденной зимовке шхуна «Эклипс» под командованием капитана легендарного нансеновского «Фрама» Отто Свердруп. Вилькицкий связался с ним по радио и договорился о переправке на нартах, запряженных оленями, заболевавших цингой матросов в ближайшее селение Гольчиху на Енисее. Спасательный отряд возглавил известный арктический путешественник Никифор Бегичев. В сентябре 1915 г. оба судна Гидрографической экспедиции прибыли в Архангельск, завершив пятилетние работы и первый в истории переход Северным морским путем (за две на-

вигации) с востока на запад. За открытие Северной Земли Борис Вилькицкий был награжден Константиновской золотой медалью Русского географического общества.

В результате работ экспедиции под руководством Вилькицкого начались регулярные морские грузоперевозки из Владивостока в устье Колымы и в Якутию. Эти рейсы прервались во время Гражданской войны, когда «Таймыр» и «Вайгач» захватили в Архангельске англичане. В 1920-х годах были возобновлены товарообменные «карские рейсы» в устье Енисея и возглавить их пригласили Бориса Вилькицкого. И это несмотря на то, что он эмигрировал и в контр-адмиралы был произведен враждебным советской власти правительством Колчака. Но он плывал на северных рейсах недолго, снова уехал в Англию, а затем в Африку, где занимался гидрографическими исследованиями в Бельгийском Конго. Скончался в 1961 г. в Брюсселе. В 1996 г. прах Бориса Вилькицкого был возвращен на родину и перезахоронен на Смоленском кладбище в Санкт-Петербурге.

В 1930–1932 гг. архипелаг Северная Земля нанесла на карту и впервые исследовала группа из четырех человек, в их числе двое замечательных ученых — географ Георгий Ушаков и геолог Николай Урванцев. В память о выдающемся русском мореплавателе пролив, отделяющий Северную Землю от полуострова Таймыр, назван в честь Бориса Вилькицкого, а два мыса архипелага — по именам ледоколов экспедиции — Таймыр и Вайгач.

Иллюстрации предоставлены автором

«СЕРДЦЕ ВОЛГИ»



Ольга БАЗАНОВА, журналист

Город Чебоксары (по-чувашски Шупашкар), живописно раскинувшийся на высоком правом берегу одноименного водохранилища, ведет свою историю с 1469 г. Как гласит царева разрядная книга (куда записывали официальные распоряжения), тогда здесь останавливался с небольшим отрядом московский воевода боярин Иван Дмитриевич Руно, отправившийся на Казань «искать ратной чести». Однако по данным археологических раскопок 1960–1970-х годов крупное поселение здесь существовало уже в конце XIII–XIV в., что подтверждают карты венецианцев Франциска и Доминика Пицигани 1367 г.

Арабский путешественник Ахмед ибн Фадлан, посетивший в 922 г. Волжскую Булгарию (государство в Среднем Поволжье и бассейне Камы, созданное тюркскими племенами, мигрировавшими в VII–VIII вв. из Северного Причерноморья и с Кавказа), оставил подробнейшие описания территории, обычаев, быта и общественной жизни ее подданных, в том числе сувазов. Он первым зафиксировал это

племенное имя — раннюю форму самоназвания чувашей, выявил признаки близости их языка булгарскому*, а также констатировал их отказ от принятия

*Булгарские языки — тюркская языковая группа предположительно древнейшей формации. Входящие в нее языки, за исключением чувашского, являются мертвыми (прим. ред.).

Введенский кафедральный собор.



Свято-Троицкий монастырь.

ислама, ставшего к тому времени государственной религией страны.

В 1237–1240 гг. Волжскую Булгарию разгромили монголо-татары, и под их натиском часть сувазов мигрировала на север, выше по течению Волги, где постепенно ассимилировалась с жившими там угро-финскими племенами — марийцами. Так сформировалась этнографическая группа «верховых» чувашей (вирьял); прямые же потомки булгар, устремившиеся на юг и укрывшиеся от вражеских набегов в лесах по

берегам Суры (приток Волги) и впадающих в нее рек, получили название «низовых» (анатри). Те и другие находились под властью Золотой Орды до 1391 г., когда ее войска разгромила армия среднеазиатского завоевателя Тамерлана. После этого поражения некогда огромное государство, к тому же подтачиваемое изнутри соперничеством, территориальными спорами местных правителей, уже не оправилось, а с его распадом (середина XV в.) на отдельные ханства обе народности вошли в состав Казанского.



Дом Кадомцева.

В 1546 г. вирьялы и анатри, восставшие вместе с мари́йцами против татарской зависимости, обратились за помощью к царю Ивану IV. Год спустя русские войска освободили их земли от захватчиков, а в 1552 г. взяли Казань. В результате большие территории — в настоящее время центр европейской части нашей страны — вошли в состав Московского государства. Современная Чувашия, один из густонаселенных российских регионов, административным, промышленным и культурным центром которой являются Чебоксары, почти целиком находится на правом берегу Волги, между ее притоками Сурой и Свиягой.

В 1555 г. на взгорье, где сейчас раскинулся исторический центр столицы Чувашии, по велению государя построили крепость. Место в оборонительном отношении было очень удачным: с севера и юга от цитадели склоны холма резко обрывались, с запада ее защищал длинный глубокий ров, а с востока — посад, в случае нападения врагов служивший первой линией обороны. Да и с точки зрения развития торговли Чебоксары также имели выгодное расположение — на берегу Волги, «главной улицы России».

В том же году согласно указу Ивана IV, взявшего «под свою руку» языческие народы и желавшего приобщить их к православию, новопоставленный архиепископ казанский и свияжский Гурий совершил «все освящение граду» и «с воеводами по совету» выбрал в нем участок для возведения церкви Введения во храм Пресвятой Богородицы. Сначала это была полотняная палатка, затем деревянное здание, но в 1559 г. оно сгорело и в 1651–1657 гг. на том же месте возвели каменное.

Памятник культуры федерального значения Введенский кафедральный собор — не только самая ран-

няя культовая постройка в Чувашии, но и единственная в Чебоксарах, относящаяся к XVII в. Примечательно, что внешне она сама и находящаяся рядом шатровая колокольня в основном сохранили первоначальный облик: массивный куб здания, сложенного из камня и кирпича «большой руки» (крупномерного), почти лишен наружного декора и увенчан пятью серебристыми шлемовидными главами.

Интерьер церкви тоже очень прост и лаконичен — четыре мощные колонны, служащие опорами угловым барабанам глав, делят помещение на три части, над западным входом находятся хоры. Надо сказать, собор неоднократно ремонтировали, иконостас золотили и пополняли новыми иконами, поновляли стенную роспись. В 30-е годы XIX в., к сожалению, по ней выполнили новую, в стиле классицизма, однако в ходе самых масштабных за всю историю храма реставрационных работ, осуществленных в 1971–1974 гг., ее удалили и вскрыли старинную.

Как считают специалисты, фрески, украшающие стены, своды, колонны Введенского собора, по многообразию сюжетов и совершенству письма не имеют равных в Среднем Поволжье среди аналогичных произведений XVII в. Здесь можно увидеть канонические для православных церквей многофигурные композиции; отдельные изображения пророков, мучеников, просветителей Чувашской земли, в том числе приобщенного к лику святых первого архиепископа казанского Гурия; нарядный растительный орнамент — ярко-красные, синие и белые цветы на темном фоне. Мастерски выполнены и резные работы по дереву — уникальные царские врата и столпы пятиярусного иконостаса, с которого на входящих в храм смотрят лики, написанные три столетия назад.

**Дом Прокопия Ефремова.**

В 1555 г. по велению царя Ивана IV святитель Гурий выбрал место для первого в городе монастыря, названного Свято-Троицким. Через 11 лет состоялась его закладка и приблизительно в 1584 г. было завершено строительство. Однако в 1609 г., в Смутное время*, были сожжены и разорены все сооружения обители (деревянные, как и прочие в округе). Как писал в 1614 г. государю ее келарь, т.е. заведующий хозяйством, Исаия, «козьмодемьянские стрельцы и с чувашею, и с черемисою... Чебоксары взяли, и игумена де их Геласья с башни убили до смерти».

В камне монастырь возродили к середине следующего столетия. Первой постройкой стала церковь Толгской иконы Божьей Матери (1713 г.), где с тех пор хранится одна из главных святынь Чувашии — резная деревянная икона-скульптура Николая Угодника, а входом в обитель служит храм Федора Стратилата (1759 г.). Весь архитектурный комплекс — монументальный Троицкий собор (1748 г.), здания братских келий и настоятельских покоев (середина XVIII в.), надвратная шатровая колокольня (1859 г.) — к счастью, сохранился до наших дней. В 1946 г. его внесли в список памятников, охраняемых государством. С 1990-х годов здесь начала возрождаться монашеская жизнь и идет реставрация.

В XVII — первой половине XVIII в. в Чебоксарах активно развивались торговля, ремесла, особенно литейное дело: здешние колокола славились не толь-

ко в России, но и в Европе. И как следствие бурного расцвета экономической жизни шло интенсивное строительство кирпичных православных храмов, монастырей, причем даже в окрестностях города, а также казенных, общественных (т.е. на средства горожан) зданий, частных купеческих особняков.

Один из самых ранних и необычайно ценных образцов здешнего гражданского зодчества — так называемый дом Кадомцева (первая четверть XVIII в.), в облике которого переплелись элементы древнерусской архитектуры и барокко*. В цоколе, как в ту пору было принято, находились хозяйственные помещения, над ними — жилой этаж, еще выше — мансарда. Нарядное парадное крыльцо расположено в центре фасада, окна обрамлены наличниками сложной работы. В 1979 г. особняк, оказавшийся в зоне строившегося Чебоксарского водохранилища, разобрали, а в 1998 г. воссоздали в другом месте — на улице Сеспеля. Неподалеку находится дом Игумнова (или Соляная контора) постройки первой половины XVIII в., также перенесенный с места затопления и восстановленный в 2005 г., — каменное одноэтажное здание на подклете, отличающееся богатым декором из тесаного кирпича.

Наиболее значительные сооружения города XIX в. связаны с хорошо известной в те годы в Поволжье династией промышленников и предпринимателей Ефремовых (в частности, их деревообрабатываю-

*См.: А. Богданов. «Быть нам всем в совете и соединении...». — Наука в России, 2007, № 6 (прим. ред.).

*См.: И. Терехова. Русское барокко. — Наука в России, 2009, № 2 (прим. ред.).



Дом Федора Ефремова.



*Интерьер особняка Федора Ефремова.
Камин в гостиной.*



шее производство входило в пятерку крупнейших в России). Почти все свои 11 зданий они построили на Благовещенской улице, ныне пешеходной, переименованной в бульвар купца Ефремова — в честь основателя этого рода Прокопия Ефремовича, чуваша, выходца из крестьян. В 1884 г. он возвел здесь для своей семьи кирпичный дом с 22 комнатами, просторным сводчатым подвалом, антресолями над вторым этажом и роскошной внутренней отделкой (цветной мрамор, лестницы из кованого железа, наборный паркет, скульптура и т.д.). В 1991 г. там разместился один из отделов Чувашского национального музея.

Интересен особняк Николая Ефремова (1910 г.), старшего сына главы семейства, сочетающий в своем облике несколько стилей, но с преобладанием модерна*, — словно три сдвинутых вместе здания разной высоты, дополненные полукруглой верандой. В конце XX в. фасад дома претерпел некоторые изменения, и теперь в нем находится общественная организация «Чувашский национальный конгресс».

Самым же нарядным в «ефремовском квартале» горожане считают дом, построенный в 1911 г. младшим сыном родоначальника династии Федором, по сло-

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

*Дом Николая Ефремова.**Чебоксарский залив.*

вам его современников, «чудо уездного захолустья». Двухэтажное каменное здание, отличающееся сложностью объемно-пространственного решения и свойственной модерну асимметрией, очень гармонично, все элементы соответствуют этому стилю, в том числе окружающая усадьбу ограда, ворота и калитка. Внутри особняк представляет собой анфиладу

(ряд помещений, дверные проемы которых расположены по одной оси); потолки украшены лепниной; полы дубового наборного паркета, причем в каждом зале разного рисунка; на второй этаж ведет литая чугунная лестница в формах растительного орнамента.

Особое очарование интерьеру придают нарядные печи и камины, в первую очередь установленный в



Образцы чувашской вышивки.

гостиной — вазообразной формы, украшенный полихромными изразцами, изготовленными по заказу хозяина дома на Майоликово-изразцовом заводе Лисовского в Витебске (ныне — Республика Беларусь). К тому же особняк сделали по тем временам максимально комфортабельным: здесь были телефон, электричество, водопровод, канализация, единственная в городе чугунная эмалированная ванна. С 1976 г. в этом здании размещается Чувашская государственная художественная галерея.

После смерти Прокопия Ефремовича, в 1907—1911 гг., сыновья воздвигли для родителей белокаменную усыпальницу в стиле неоклассицизма — одного из направлений модерна, ставшую уникальным для Чувашии образцом мемориальной архитектуры (в настоящее время преобразована в церковь Иоанна Кронштадтского). Все сооружения, связанные с пред-

ставителями этой династии, в начале XX в. заметно выделялись среди тогдашней непрезентабельной застройки, да и ныне являются украшениями Чебоксар. Всего же в городе 97 памятников истории и культуры, а 23 из них — федерального значения.

Первостепенная роль в формировании центра города принадлежит выдающемуся чувашскому архитектору Феофану Сергееву, создавшему здесь в 1934—1965 гг. около 30 зданий и сооружений с использованием господствовавших тогда в архитектуре классицистических приемов*. Так, в 1950—1952 гг. он занимался благоустройством набережной Волги и прилегающего сквера, в том числе спроектировал балюстраду (ограду в виде фигурных столбиков — балясин) и изящную ротонду, в те же годы построил зда-

*См.: А. Фирсова. Советский ампи́р. — Наука в России, 2010, № 3 (прим. ред.).



ние МВД республики, в 1956 г. — городской администрации, в 1959 г. — филармонии (ныне Русский драматический театр).

В связи с созданием Чебоксарского водохранилища (1980—1982 гг.) в центре города образовался залив, набережная которого ныне — одно из красивейших мест чувашской столицы. На его высоком берегу по замыслу первого президента республики Николая Федорова в 2003 г. воздвигли бронзовый монумент «Мать-покровительница» (скульптор Владимир Нагорнов) — символ Родины, ее древней истории, продолжительницы рода, хранительницы очага. На ее постаменте на чувашском и русском языках начертано: «Благословенны дети мои, живущие в мире и любви». Вокруг разбит парк, от подножия статуи спускаются бело-мраморные лестницы с фонтанами, а напротив нее —

Монумент «Мать-покровительница».

пешеходный мост с чугунными перилами, отлитыми в стиле национального орнамента.

Чебоксары, стоящие на середине нашей великой реки, часто называют сердцем Волги, а Чувашию — страной ста тысяч вышивок. Действительно, искусство украшать одежду (особенно свадебную) и предметы убранства дома изысканным узором из разноцветных нитей — самый любимый в крае вид народных промыслов. Он дошел до нас из глубины веков, воплотив в себе дохристианские верования — древо жизни, представления о Земле, небесных светилах, символы, обладавшие, как считали в древности, магической силой, родовые знаки (свидетельства происхождения, принадлежности к определенному племени). Так простой белый или выкрашенный красной краской домотканый холст (чаще всего конопляный), с которым работали мастерицы, расцветал искусным орнаментом, созданным шерстяными, хлопчатобумажными, льняными нитями домашнего прядения, иногда шелковыми, серебряными и золотыми. Причем многие из этих предметов были неотъемлемыми элементами традиционных обрядов.

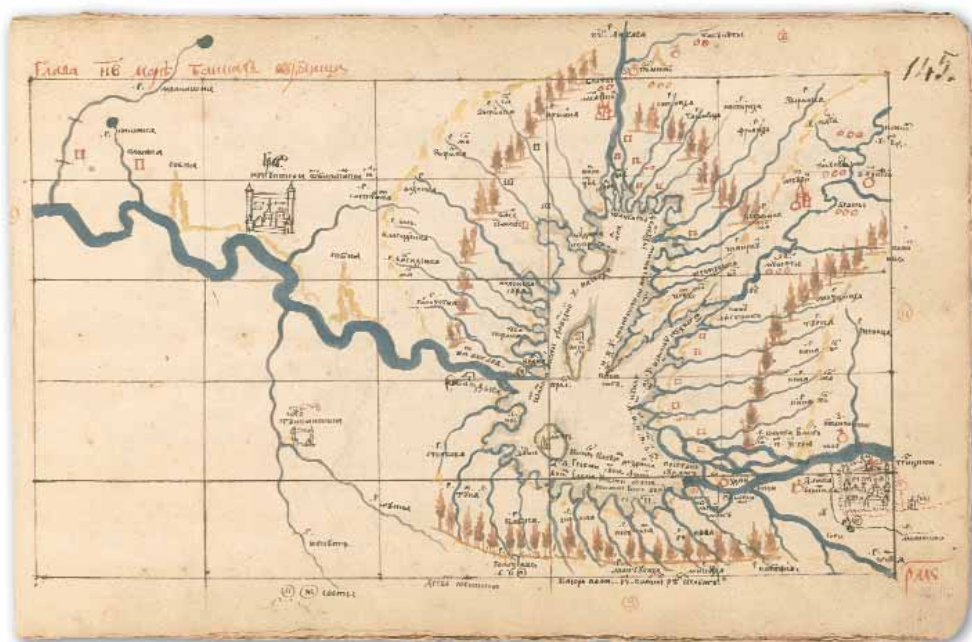
По заключению специалистов, исследовавших хранящиеся в республиканских музеях образцы вышивки XVIII—XIX вв., по некоторым деталям она близка к македонской и болгарской, что свидетельствует о родстве всех трех народов. Также заметно сходство между изделиями, выполненными как местными, так и другими поволжскими мастерицами. Однако чувашские узоры отличаются изяществом, своеобразным соотношением холодных и теплых тонов, особым ритмом — сочетанием крупных и мелких рисунков, геометрических и растительных мотивов, плотных и редких швов.

Кроме того, характерная черта чувашской вышивки — филигранность исполнения, достигаемая благодаря использованию холста домашней выработки, позволявшего считать нити для прокладывания стежка в нужном направлении. Еще одна важная национальная особенность — создание композиций (даже аппликаций!) и на лице, и на изнанке двухсторонних изделий. Кроме того, каждый шов — а их более 30 типов — имеет свое назначение и применяется для определенного вида работы (нанесение контура рисунка, «заливка» его поля, выполнения мелких деталей и т.д.).

Можно без преувеличения сказать: под руками здешних мастериц рождались произведения искусства, обогатившие мировую культуру. «В области прикладного искусства, каковым является вышивка, чуваша-болгары являются законодателями и учителями Волжского края», — писал историк и этнограф, профессор Казанского университета Иван Смирнов, автор вышедшего в 1890-х годах и по сей день самого капитального труда о народах Поволжья и Прикамья «Восточные финны, историко-этнографический очерк».

Иллюстрации предоставлены автором

ПЕРВЫЙ АТЛАС СИБИРИ



Кандидат географических наук
Владимир БУЛАТОВ,
заведующий отделом картографии
Государственного Исторического музея

**Общественным благотворительным фондом «Возрождение Тобольска»
в 2011 г. осуществлено факсимильное издание
уникального памятника русской картографии —
«Хорографической чертежной книги Сибири» Семёна Ремезова (1697 г.).
Оригинал ее был вывезен из нашей страны после 1917 г.
и до сих пор фактически не известен исследователям.**

*Лист 145. «Море Байкал с урочищи».
На Ангаре стоит «град Иркутской», на Селенге — «острог Троицкой». Надписи на изображении говорят
о протяженности озера в различных направлениях, единицей отсчета при этом служат дни пути.*



Лист 8 (оборот). Аллегорический план Тобольска.
Глаз над гербом города — символ Божественного всеведения.
Рука, держащая Тобольск, также рука Господня.
Ключ как символ относится к городу, горизонт которого,
т.е. границы Сибирского царства, отверзает Бог —
все в целом говорит об экспансии России в Сибири.

Место России в мировой картографии определяется тем, что благодаря трудам наших соотечественников удалось нанести на карту обширнейшие пространства центральной, северной и северо-восточной Евразии. Работы Семена Ремезова и его сыновей подводят итог изучению Сибири на протяжении XVII в. и суммируют географические знания, накопленные о ней к началу XVIII в. Но из всего их наследия именно «Хорографическая чертежная книга Сибири» представляет наибольший интерес в качестве исторического источника, будучи одновременно наиболее полным и самым ранним из составленных им атласов.

Особое значение труды Ремезова имеют в связи с тем, что на годы его жизни пришелся резкий культурный перелом Петровской эпохи. В случае с картографией (развитию которой царь уделял личное внимание) разрыв между допетровскими и новыми чертежами оказался столь значителен, что в XIX в. среди исследователей прижилась мысль о том, что Россия вообще не имела своей картографии до Петра, а наши старинные атласы представляют собой не более чем «варварские» копии западноевропейских. Надо признать, когда в 1701 г. в Москве уже была основана Навигацкая школа, где английские учителя преподавали осно-

Лист 8. Царский герб, герб Сибири, аллегории четырех стихий — воды, земли, огня и ветра.



вы геодезии, в Тобольске Семен Ремезов с сыновьями еще продолжали составлять традиционные чертежи. Каковы же достоинства и недостатки этих русских карт? Ниже мы попытаемся ответить на этот вопрос, но прежде обратимся к биографии автора «Хорографической книги».

Семен Ульянович Ремезов родился в Тобольске в 1642 г. Он относился к сословию «боярских детей», а в старости стал «дворянином по выбору». Его служебная деятельность была связана с многочисленными разъездами, сбором налогов (хлеба и денег с русского населения, ясака* с инородцев), а также транспортировкой собранных припасов в дальние остроги. Поручалось ему и проведение землемерных работ, в том числе неоднократное составление планов Тобольска и его окрестностей. Поездки не ограничивались Сибирью: в 1690 г. он побывал в Москве, сопровождая туда обоз с ясаком, а в 1698 г. — в связи с обсуждением плана работ по каменному строительству в Тобольске. Не всегда поездки носили мирный характер: Ремезов участвовал в отражении набегов с территории современного Казахстана, в столкновениях с немирными вогуличами (так тогда называли народ манси) и татарами.

*Ясак — в России XV — начала XX вв. — натуральный налог с народов Сибири и Севера, главным образом пушниной (прим. ред.).

Лист 164. Панорама Тобольска.
Время создания рисунка
можно отнести к 1677 г.



Лист 166. План города Тара.
В «Хорографической книге»
содержатся планы
крупнейших в то время
сибирских городов.

Настоящую славу принесла Ремезову его деятельность как иконописца и изографа (живописца). Вот лишь один пример: изготовленная и расписанная им золотом с красками в 1694 г. переносная часовня для водосвятия произвела на современников такое впечатление, что упомянута в сибирском летописном своде.

Ремезов принял самое деятельное участие в возведении каменных укреплений Тобольска, начатых в 1697 г. Именно он составил чертежи построек и смету работ, а в дальнейшем руководил строительством, что потребовало от него обширных знаний и умений в самых разных областях. Он занимался поисками извести, песка и бутового камня, обеспечивал поставки деревянных свай, изготовление инструментов, добычу глины, возведение печей для обжига кирпичей, отвечал за снабжение рабочих. По его чертежам был построен не только Тобольский кремль, но и важнейшие административные здания города: приказная палата,

гостиный двор. Он разработал также и образцовый (типовой) проект каменного дома для массовой частной застройки. В Тюмени, в Троицком монастыре по его проекту построена Петропавловская церковь. Стиль Ремезова-архитектора учитывал новейшие тенденции своей эпохи.

Способности Семена Ульяновича нашли применение и при строительстве заводов. Так, он составил не только планы казенного металлургического Каменского завода, но и чертежи артиллерийских орудий и ядер, которые предполагалось здесь производить. Он занимался также поисками селитры и созданием порохового завода. Приходилось ему исполнять и другие ответственные поручения — к примеру, в 1710 г. он организовывал перепись населения Тобольского уезда.

Уже этот перечень разнообразных трудов Ремезова позволяет говорить о его универсализме, свойстве, присущем выдающимся деятелям культуры эпох Возрождения и Просвещения.



Лист 156. Река Лена (деталь).
Обнажения слоистых осадочных пород
(показаны разноцветными горизонтальными линиями)
возле устья реки Олекмы.

Лист 105. Река Вагай (деталь).
Автор «Хорографической книги»
придавал важное значение гидрографии,
т. е. рекам и озерам.



Год смерти Семена Ремезова точно не известен, но по крайней мере еще в 1720 г. он проживал в Тобольске.

Однако вернемся к «Хорографической чертежной книге Сибири». Не следует забывать, что сам Семен Ульянович считал себя по преимуществу изографом, выделяя этот вид своей деятельности из круга многообразных занятий. Именно приобщенность его к миру искусства объясняет необыкновенный вкус, с которым исполнены карты атласа. Как уже говорилось, он был составлен в 1697 г., однако Ремезов и его сыновья Леонтий, Семен и Иван продолжали дополнять труд новыми чертежами и вносить некоторые исправления в старые вплоть до 1711 г.

Само название атласа может вызвать некоторое затруднение в восприятии у многих читателей, так как слово «хорография» практически вышло из употребления. Заимствованное из греческого, оно означает описание отдельной страны или местности (но не всего земного шара) и по своему предмету близко к понятию «страноведение» в современной классификации географических наук.

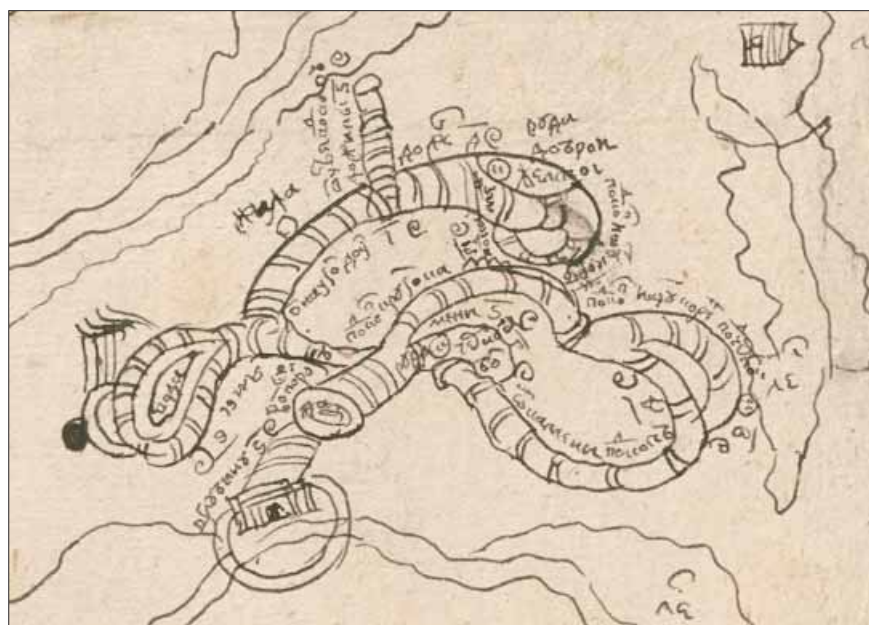
Хотя рукописный атлас изначально предназначался для поднесения царю Петру I, по каким-то обстоятельствам вручен не был и хранился в семье Ремезовых в Тобольске. Как складывалась судьба книги в XIX в., нам пока не известно. Однако в самом начале XX в. она входила в состав собрания графа Иллариона Воронцова-Дашкова и хранилась в его усадьбе Новотомниково Тамбовской губернии. Еще до смерти графа, случившейся в 1916 г., «Хорографическая книга» оказалась в поле зрения Льва Багрова, участвовавшего в подготовке атласа Азиатской России. По его словам, труд Ремезова каким-то образом попал в руки Археологической комиссии, у которой, в свою очередь, его

одолжило Переселенческое управление. С утверждением Багрова, что «Хорографическая книга» принадлежала данной комиссии, согласуются слова ученого секретаря Постоянной историко-археологической комиссии АН СССР Александра Андреева (позднее доктора исторических наук) о том, что в 1926–1927 гг. он вел усиленные поиски пропавшего атласа.

После октябрьской революции 1917 г. книга, по всей видимости, продолжала оставаться у Льва Багрова, эмигрировавшего в 1918 г. в Берлин. По его словам, он обязан обнаружением и покупкой венца своей коллекции (старинных карт. — В.Б.), атласа Сибири Семена Ремезова, Хьюго Стиннесу, приобретшему его у московского букиниста в 1923 г. Факт этот вызывает большие сомнения, хотя и нет оснований его категорически отрицать.

В Германии, откуда Багров в мае 1945 г. бежал в Швецию, он опубликовал ряд работ по истории русской картографии и издал несколько чертежей, входивших в состав «Хорографической книги Сибири». В 1958 г. коллекционер издал и сам атлас в черно-белом варианте. Затем оригинал книги у него был приобретен Гуфтоновской библиотекой Гарвардского университета (США), где хранится в настоящее время. С факсимильным изданием «Хорографическая книга Сибири», можно сказать, возвращается на родину, одновременно становясь доступной широкому кругу читателей и исследователей в России.

К изданию приложен полный текст диссертации Леонида Гольденберга (1920–1989) на соискание ученой степени доктора исторических наук «С.У. Ремезов и картографическое источниковедение Сибири второй половины XVII — начала XVIII в.» (М., 1967) — наиболее фундаментальная научная работа, посвященная географическим трудам выдающегося сибир-



Лист 130 (вклейка).
Схема рудника,
одна из первых в России.

ряка. Тем самым отдается дань уважения ученому, чьи десятилетия назад доказавшему необходимость факсимильного воспроизведения «Хорографической книги Сибири» и прилагавшему большие усилия, стремясь организовать издание атласа.

Что касается методики работы Ремезова по составлению карт, как он сам изложил ее на страницах своих сочинений, то обнаруживается расхождение между тем, что он говорит как теоретик, знаток древних авторов и Священного писания, и практик — хозяйственник и администратор.

Ремезов-теоретик был знаком, как минимум, с переводами на русский язык знаменитого атласа голландского картографа Яна Блау 1645 г., так как в его «Служебной книге» фактически помещена обширная цитата из этого атласа. Излагая теорию хорографии, Ремезов говорит о необходимости использования масштаба. Однако картографические материалы, которыми он располагал, мало отвечали высоким требованиям, предъявляемым теорией. Они не только не основывались на каких-либо астрономических определениях географических координат, но и не имели определенного масштаба. Карты Сибири составлялись не с целью удовлетворить интерес ученых, а для решения насущных практических задач по расчету времени и затрат на перевозку грузов, основанию новых слобод, сооружению оборонительных острогов. Поэтому и работа Ремезова велась в русле традиционной картографии XVI–XVII вв. Его чертежи основывались на бумагах Сибирского приказа, писцовых книгах, устных сообщениях памятливых старожилов, а также съемках и наблюдениях самого автора «Хорографической книги».

Не зная особенностей традиционной русской картографии, невозможно адекватно оценить и содержание чертежей. Глядя на них, мы должны заранее понимать,

какого рода информацию можем из них извлечь, а какую — нет. Кстати, некоторые исследователи атласа позволяют себе подшучивать над наивным изображением Обской губы в форме полумесяца или озер в форме картофелины. Одновременно с этим картам Ремезова приписывают достоинства, которыми они не обладают, например, высказываются мнения о том или ином масштабе.

Вместе с тем отметим, «Хорографическая книга» — богатейший источник самой разнородной информации по исторической географии Сибири конца XVII в. Наиболее подробно в ней освещена гидрография, что отражает достигнутый к тому времени уровень знаний о речной сети этой части России. Подробно говорится о населении, указаны города, остроги, слободы, монастыри, села, деревни, летние и зимние кочевые юрты. Разнообразны отраженные в атласе природные ландшафты. Особое внимание автор уделяет хозяйственному использованию территории, показывая пашни, пастбища, зимние и летние кочевья, звериные промыслы, места ловли рыбы и птицы, добычу руды и, кроме того, отмечая еще не реализованные возможности хозяйственного освоения — распашки земли и основания новых слобод. Для историков очень важна этнографическая направленность работы Ремезова, благодаря его трудам возможно реконструировать территории обитания ряда сибирских народностей.

Однако на старинных чертежах, в том числе и Ремезова, отображение отдельных географических объектов носит весьма условный характер. В частности, направление одних и тех же горных хребтов на различных картах не соответствует друг другу, непостоянна конфигурация берегов морей и озер. Недооценка таких особенностей ведет к ошибкам. В качестве примера приведем суждение упомянутого знатока творчества Семена Ремезова Леонида Гольденберга. По его



Лист 97. На чертеже изображена добыча соли из озера Ямыш в верховьях Иртыша и ее транспортировка до пристани.

мнению, на чертеже Казачьей орды 20 марта 1697 г. (лист 114) Каспийское море впервые показано вытянутым в меридиональном направлении. Однако достаточно внимательнее посмотреть на чертеж, чтобы убедиться: это ошибка — в противном случае придется признать, что Волга показана впадающей в Каспийское море с юго-запада.

Несмотря на отсутствие математической основы, допетровские чертежи были важным практическим инструментом, которым активно пользовались управленцы того времени. С первого взгляда на подобные карты XVII в. обращает на себя внимание их неоднородность: некоторые участки выполнены с большой тщательностью, географические объекты изображены в гипертрофированном виде, тогда как другие участки бедны содержанием и показаны с большими искажениями, условно. Подробно изображены места, интересовавшие администрацию, — реки, волоки и сухопутные дороги. Поскольку освоение Сибири шло вдоль тех же путей, можно сказать, что на карту подробно наносили наиболее густо заселенные и освоенные участки. Транспортные пути были не только тем «каркасом», на который нанизывалась географическая информация, но и основным содержанием чертежа, они отображались с величайшей достоверностью. Не случайно в 1929 г. составители карты реки Таз (север Западной Сибири) пришли к выводу, что чертежи XVII в. стояли ближе к действительности, чем те, что были выпущены два века спустя. По словам кандидата исторических наук Алексея Зайцева, туристы, в 1960-х годах ходившие на байдарках по сибирским рекам, очень высоко ценили копии атласа Ремезова, поскольку в нем излучины некоторых рек были показаны лучше, чем на туристских картах середины XX в. Таким образом, старинными чертежами можно было с успехом пользоваться при движении по уже известному маршруту, однако они становились почти бесполезными, когда кто-либо пытался проложить новый маршрут, открыть новый волок. Если сравнивать их с

современной картографической продукцией, в каком-то смысле их можно сопоставить с известными всем читателям схемами метрополитена: пользуясь ими, всегда можно понять, как доехать от одной станции до другой, но невозможно проложить между ними путь по поверхности.

Поскольку чертежи служили для определения пути, их пользователи нуждались в информации о расстояниях между населенными пунктами, лежащими на их маршруте, о протяженности волоков. Сами по себе картографические изображения предоставить эту информацию не могли, ибо они не были составлены в каком-либо определенном масштабе. Для этой цели их снабжали соответствующими подписями: фиксировали расстояния между слободами и острогами, протяженность рек, длину волоков. Иногда протяженность пути указывали в верстах, однако чаще использовали единицы времени — дни и недели.

Атлас содержит сведения не только о речной системе, населенных пунктах и дорожной сети, но и о господствующих ландшафтах, этнографии, истории, хозяйственной деятельности. Нельзя не отметить и достижения Ремезова, касающиеся формы картографического высказывания: он попытался унифицировать условные обозначения, использовал и поныне применяемые легенды*. Хотя большая часть его чертежей носит комплексный характер, он создал также специальные этнографическую и горнозаводскую карты, в связи с чем его можно назвать одним из основателей специального картографирования в России.

Не исключено, что Семен Ремезов обладал некоторыми познаниями в астрономии. Находясь в Москве, с одним из ближайших сподвижников Петра генерал-фельдмаршалом Яковом Брюсом он обсуждал достаточно сложные вопросы, относящиеся к сфере астрономии и географии, о чем свидетельствует его запись в «Служебной книге». Речь в ней идет о популярной в

*Легенда карты — таблица используемых на карте условных знаков с текстовыми пояснениями к ним (прим. ред.).

Лист 114. Река Яик с урочищами.
 Деталь этой карты иллюстрирует условность географических контуров на старых русских чертежах. В тексте сказано, что размеры Аральского и Каспийского морей соответственно 60х280 верст и 1000х800 верст, т.е. Каспийское примерно в 100 раз больше Аральского, однако на карте они выглядят едва ли не равновеликими.



XVII в. теории, согласно которой равномерное вращение Земли вокруг своей оси доказывает равномерное распределение масс по ее поверхности, т.е. Америка должна уравновешивать Евразию, а гипотетический Южный материк (*Terra Australis Incognita*) сушу Северного полушария.

Одновременно мы находим много доказательств того, что картина мира Семена Ремезова имела во многом архаичный характер. Выразительная деталь: на карте Китайского царства, хотя и за рамкой, он показал Рай, якобы расположенный на острове Новая Голландия, т.е. в Австралии. Автор карты не сомневался в легенде о существовании Рая где-то далеко на востоке.

Эпоха Петра I отвергла традиционную допетровскую картографию. Цена модернизации оказалась высокой: вместе с устаревшей методикой была потеряна важная географическая информация. К сожалению, работы Ремезова не востребовали его ближайшие потомки. В этом невнимании сыграло роль и то, что труды сибирского картографа не удовлетворяли требованиям царя-реформатора к математической стороне такого рода произведений.

Характерно, что «Атлас Российской империи» (1745 г.), изданием которого был подведен итог работе петровских геодезистов, содержал грубые ошибки. К примеру, в нем присутствовали два города Курска: один на настоящем месте, но под именем Сурск, и другой под именем Курск, но расположенный в стороне. Ничего удивительного, что знающие люди, и среди них историк и географ Василий Татищев, советовали исправить атлас при помощи Большого чертежа*. Вместе со многими другими старыми картами, значительная часть которых оказалась безвозвратно утрачена, пренебрежение коснулось и ремезовских. Нет сведений о том, что побывавший в начале 1720-х годов в Тобольске известный геодезист и исследователь Си-

бири Петр Чичагов использовал хранившиеся в городе старые чертежи.

Однако работы Ремезова успели оказать влияние на мировую картографию. Голландцы Идес и Витсен в конце XVII—начале XVIII в., немец Табберт (Страленберг) в первой четверти XVIII в. сумели, невзирая на секретность русских карт, снять копии с некоторых его чертежей, и инкорпорировать содержащиеся в них сведения в свои собственные, что позволило существенно улучшить рисовку северо-востока Евразии в западноевропейских атласах.

Сожаление чувствуется в словах знаменитого российского естествоиспытателя и путешественника, академика Александра Миддендорфа, произнесенных им в 1860 г. по поводу «Чертежной книги Сибири»: «Точность, с какою Ремезов положил на бумагу населеннейшую окрестность Тобольска, и в том числе даже многие рукава реки Оби, тщательность, с какою показаны у него поселения по Енисею, его изображение Амурского края и тогдашнего этнографического положения Сибири — все это дает его атласу более значения, чем какой-нибудь археографической редкости. Скажем больше: из него, как и некоторых других старинных трудов этого рода, можно почерпнуть кое-что для улучшения даже новейших карт России».

Наши современники высоко ценят труды Семена Ремезова. Позволю в заключение привести два отзыва известных историков картографии. По словам Федора Шибанова, «автор создал себе бессмертную память и восхищение потомства и обогатил мировую науку». А по замечательному выражению Леонида Гольденберга, «единая нерасчлененная и неделимая наука владела всей его жизнью. И имя ей — познание Сибири».

*Большой чертеж — единая генеральная карта Московского государства крупного масштаба, созданная в XVI в. по указу царя Ивана IV (Грозного) (прим. ред.).

ИССЛЕДОВАНИЯ НА «ВУЛКАНОЛОГЕ»



Лаборатория подводного вулканизма в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН была создана в 1967 г., а с 1971 г. ее возглавляет доктор геолого-минералогических наук, лауреат премии Совета Министров СССР, главный научный сотрудник этого института, профессор кафедры географии, геологии и геофизики Камчатского государственного университета Геннадий Авдейко. О его заслугах перед наукой в газете «ДВ Ученый» рассказала корреспондент Людмила Юрчук.

Связать свою жизнь с изучением Мирового океана, по словам исследователя, его побудила Камчатка, где в 1957 г. он проходил преддипломную практику в Пенжинском районе. В следующем году Авдейко окончил геолого-разведочный факультет Московского геолого-разведочного института по специальности «поиски и разведка месторождений полезных ископаемых» и был включен в состав Камчатской комплексной экспедиции Совета по изучению производительных сил АН СССР. Там продолжил развивать тему своей дипломной работы по нижнемеловым отложениям. В 1965 г. защитил кандидатскую диссертацию, уже почти подготовил докторскую по

спилитам (подводным вулканическим породам), но тут начался проект «Вулканолог».

Впервые в мировой истории именно на этом корабле началось изучение подводных вулканов островных дуг. Позже эстафету подхватили американцы и немцы, однако мировую известность получили первопроходцы. Геннадий Порфирьевич опубликовал более 160 научных работ. Эти результаты вошли составной частью в «Международный геолого-геофизический атлас Тихого океана». А коллективная монография «Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги», вышедшая в 1992 г. в издательстве «Наука», стала бестселлером, переведена на английский язык.

В проектировании и строительстве «Вулканолога» Авдейко принимал самое активное участие, это, можно сказать, его детище. Они вместе прошли все заливы и бухты вокруг Камчатки и Курил, изучили вулканические массивы и зоны в Южно-Китайском, Ново-Гвинейском и Беринговом окраинных морях, в Кермадеке, Соломоновой, Марианской, Идзу-Бо-

Научно-исследовательское судно «Вулканолог».

**Профессор Геннадий Авдейко
и исследователь Людмила Черткова.**

нинской, Алеутской островных дугах, у побережья Новой Зеландии, в Филиппинском море, в районах Магеллановых гор, Центрально-Американского желоба и «горячей точки» Сокорро. На основе этих исследований по теме «Подводный вулканизм островных дуг» он защитил докторскую диссертацию. В честь «Вулканолога» назвали гайот (подводная гора с плоской вершиной) Магеллановых гор, а новозеландские ученые — активный подводный вулкан в островной дуге.

Исследователь вместе с коллегами оснащал судно приборами и оборудованием, многие из которых приходилось проектировать и создавать непосредственно в лаборатории, ибо приборов для подводных изысканий в Советском Союзе практически не было. Для этого в 1970 г. Авдейко отправился в рейс на НИС «Витязь» Института океанологии дабы изучить, как оно оснащено, какие морские исследования проводятся. В том же году «Вулканолог» начали проектировать и через семь лет спустили на воду. Ученый тогда же организовал инженерную группу, где каждый был и проектировщиком, и слесарем, и чертежником, и механиком. Судно укомплектовали по высшему классу, установили научное палубное оборудование, оснастили восемь лабораторий.

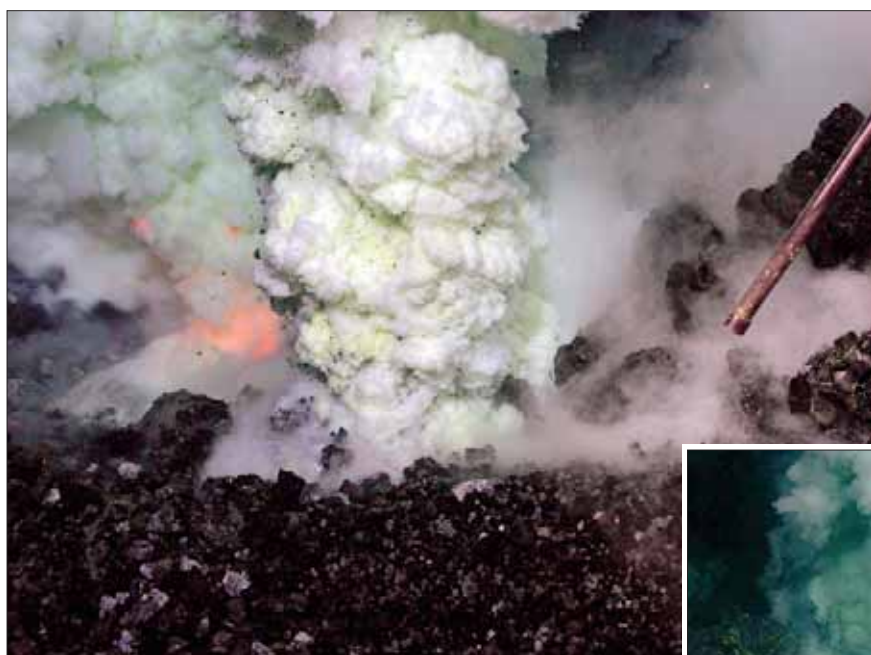
Сейсмопрофилирование и магнитную съемку обычно вели в ночное время, а днем проводили забортные работы (драгирование, отбор проб осадков грунтовыми трубками и черпаками, отбор проб воды батометрами). Позже по инициативе и под руководством кандидата геолого-минералогических наук Людмилы Чертковой установили аппаратуру для непрерывного газогидрохимического исследования (т.е. на ходу судна закачивали воду и пропускали ее через аналитическую аппаратуру). В целом необходимые приборы достраивали и испытывали в первом рейсе, который состоялся в феврале 1977 г. Авдейко был назначен начальником судна, команду набрали по договору с морским пароходством. Тогда за работу по проектированию и оснащению корабля научным оборудованием Авдейко получил премию Совета Министров СССР. Это было первое и единственное в нашей стране специализированное научно-исследовательское судно, предназначенное для исследования подводных вулканов (водоизмещением 1136 т, длиной 55,65 м и шириной 9,3 м).

«Уже во время второго рейса, — подчеркнул ученый, — команда смогла сделать настоящее открытие: они получили картину теплового поля континентального склона Восточной Камчатки (т.е. зоны субдукции), данные о его тектонической активности. Позже обнаружили неизвестные ранее закономерности в геологическом развитии морского дна в районе Камчатки и Курил, тщательно изучили сейсмоактивные разломы. По подводным вулканам Курильской



островной дуги составили каталог и базу данных. Выявили закономерности пространственно-структурного распределения вулканов, особенности поперечной и продольной петрогеохимической, минералогической и изотопной зональности, зонального распределения включений в лавах и на этой основе разработали модель магмообразования под островными дугами. Провели систематизацию подводного вулканизма Мирового океана, выделили его четыре геотектонических типа и показали их положение в геологической истории. Выявили основные этапы тектонического развития Курило-Камчатской островодужной системы..., провели вулcano-тектоническое районирование и т.д. Результаты, полученные при проведении экспедиций на НИС «Вулканолог», до сих пор имеют огромное научное значение. На их основе написаны широко известные в нашей стране и за рубежом монографии».

Открытия совершались по-разному: иногда ученые предполагали одно, а выходило другое. Вот пример, о котором рассказал сам Авдейко: «В одном из рейсов получили сообщение — идет извержение вулкана в районе Парамушира. Пошли по координатам, обнаружили аномальный факел воды. Провели исследования по геохимическим данным, сделали химию воды, опустили на тросе температурный датчик, очень чуткий... Прошли над горюшкой, температура скачет (позже выяснили, что датчик терся о выступы, вот и показывал разную температуру). Обрабатывали данные, по всем расчетам выходило, что это «курильщик». Написали об этом статью. Пока время шло, уговорил Институт океанологии выйти на соот-



Подводные вулканы.

ветствующие исследования с глубоководными обитаемыми аппаратами. Они на НИС «Дмитрий Менделеев», мы на «Вулканологе» подошли в заданный район. Спускают «Пайсис» на глубину 700 м с небольшим. Ничего не находят. Еще два спуска. Тоже самое. На четвертый решили послать меня. Спускаюсь и прямо над горушкой зависаю. Повезло! Вокруг все пузырится, ландшафт, как в долине гейзеров. Наблюдаю и вижу, что это вовсе не черные курильщики, а из трещины в океанической коре выходят газы... Так были открыты газогидраты».

В 1991 г. из-за отсутствия финансирования НИС «Вулканолог» был передан коммерсантам и 41-й его рейс оказался последним для науки. В целом же это судно явилось отличной экспедиционной школой для многих камчатских вулканологов и их российских, новозеландских, вьетнамских, мексиканских, датских и североамериканских коллег.

Работы ученого и его команды имеют важное практическое значение. Ведь с деятельностью подводных вулканов связано формирование полезных ископаемых. Были выявлены закономерности их проявления в зоне вулканизма, в частности, проанализированы условия образования полиметаллических сульфидных и железо-марганцевых руд. На основе проведен-

ного вулканотектонического и сейсмотектонического районирования Камчатской зоны субдукции может быть уточнена оценка сейсмоопасности и цунамиопасности региона. Самое главное — теперь известны закономерности проявления вулканизма в различных геотектонических структурах.

В последнее время Авдейко занимается закономерностями геотектонической эволюции и вулканизма Курило-Камчатской островодужной системы, особенностями проявления вулканизма и магмообразования, анализирует материалы по всему Тихоокеанскому кольцу, изучает закономерности перехода от одной к другой островной дуге, проблемами геодинамики зон субдукции, соотношения вулканических и тектонических процессов и геодинамических условий магмообразования в этих зонах и т.д.

Юрчук Л. Душа моя — Камчатка. — Газета «ДВ Ученый», 2012, № 1

Иллюстрации с интернет-источников

Материал подготовила Ольга АРТЮХИНА

ЖИВАЯ АРКТИКА: ЭЛЕМЕНТЫ «МОЗАИКИ»



Член-корреспондент РАН Вячеслав РОЖНОВ,
заместитель директора
Института проблем экологии и эволюции
им. А.Н. Северцова РАН

Перспективы масштабного освоения минеральных ресурсов Арктики на фоне регистрируемого сокращения ледового покрова представляют немалую угрозу для северной природы. Как скажутся грядущие изменения на судьбе обитающих здесь животных? Можно ли минимизировать негативные последствия? Ответы на эти вопросы невозможны без достоверной информации о состоянии популяций разных видов — их распространении, численности, сезонных перемещениях. О том, какими данными располагают сейчас отечественные зоологи, нашему корреспонденту Евгении Сидоровой рассказал начальник Постоянно действующей экспедиции РАН по изучению животных Красной книги Российской Федерации и других особо важных животных фауны России член-корреспондент РАН Вячеслав Рожнов.

*Представитель ледовых форм тюленей – лахтак, или морской заяц.
Ульбанский залив, западная часть Охотского моря. Июль 2009 г.
Фото Ольги Шпак*



Белуха обитает вдоль всего арктического побережья.

— Вячеслав Владимирович, в рамках Постоянно действующей экспедиции РАН проводится изучение ряда арктических видов — есть программы, посвященные белухе (белому киту), белому медведю. Какие изменения природной среды вызывают наибольшую озабоченность специалистов в связи с вновь полученными данными о жизни этих млекопитающих?

— Изменения климата в Арктике приводят к тому, что теплеет вода, отступает лед, освобождается Северный морской путь, следовательно, возникает больше возможностей для освоения этого региона человеком. Начинается разработка новых месторож-

дений нефти и газа. И, как следствие всех этих процессов и событий, на первый план выходит проблема сохранения биоразнообразия в регионе. На II Международном арктическом форуме, проходившем в 2011 г. в Архангельске, эта тема возникала не раз, и, скорее всего, станет центральной на следующей встрече экспертов разных стран в 2012 г.

— Можно ли, используя литературные источники и полученные вами новейшие данные о миграциях животных, например, белухи, оценить изменения, связанные с потеплением климата последних десятилетий?



**Белый медведь
на Земле Франца-Иосифа.**

— Арктика — труднодоступный и потому наименее изученный регион. Тем не менее, первые зоологические наблюдения здесь начались по сути дела уже в конце XIX в., когда сюда пришли китобойи. В 1920–1930-х годах, в советский период, проводились системные исследования на Таймыре и Ямале. На севере Дальнего Востока изучали орнито- и териофауну — в этом отношении ныне мы имеем хорошую научную базу. И белухой занимались, но ее численность интересовала специалистов только в аспекте изъятия при промысле; перед зоологами тогда стояли иные задачи.

В литературе XX в. нет детальной информации о миграциях белых китов: существуют лишь отрывочные сведения — названы районы, где они присутствуют, приведены примерные оценки их численности. Но узнать, как они используют пространство, установить пути и циклы их перемещений раньше было невозможно, только сейчас нам стали доступны соответствующие данные благодаря установке на животных спутниковых радиомаяков системы ARGOS.

Ученым очень важно проследить за белухой, мигрирующей на огромные расстояния, — а она обитает вдоль всего арктического побережья — и такие «путешествия» животных связаны с какими-то вполне определенными причинами, пока нам не вполне известными. Чтобы их выявить, вначале надо узнать пути перемещения, а потом связать их с информацией об абиотических факторах (температуре воды, присутствии льда и морских течений) и о наличии рыбы — корма белухи.

В августе 2009 г. мы начали наблюдения за этими млекопитающими в Охотском и Белом морях. При чем сведениями о дальневосточном районе мы уже располагали, так как несколько белых китов были

помечены здесь ранее в рамках проекта «Современный статус белух амурского скопления (Охотское море, Россия): оценка устойчивости», осуществляемого нашим институтом и ООО «Утришский дельфинарий» при поддержке Океанариума Гонконга и Аквариума Джорджии (США). Как оказалось, пути перемещения белух в разные годы совпадают. Но какие факторы их определяют? Мы заметили, что после длительной «стоянки» у острова Сахалин белухи внезапно «срываются» и уплывают на север, стремясь в более холодные воды. Обычно они держатся кромки льда, тяготея к градиенту низких температур, так что «сигналом к старту» для них может быть изменение температуры. В Белом море движение животных, возможно, связано с той же причиной. Впрочем, данный фактор способен действовать опосредованно — через миграцию рыб, составляющих основу пищевого рациона объекта наших наблюдений. И нам прежде всего необходимо получить информацию о распределении этих ресурсов в годы исследований. Однако данные такого рода не общедоступны — их надо специально запрашивать из соответствующих институтов.

— *Белухи мигрируют большими «семьями»? Известно ли что-то о родственных связях внутри их сообществ?*

— Они ведут стадный образ жизни, довольно много животных перемещается одновременно в одном направлении, однако структуру этого сообщества установить сложно. Для того чтобы выяснить наличие родственных связей между его членами, мы проводим генетический анализ, но для белух (в отличие, например, от тигров*) пока не выявили те локусы (варианты размещения генов в хромосоме), по которым можно судить об их генетическом родстве.

*См.: В. Рожнов. Как спасти амурского тигра? — Наука в России, 2010, № 5 (прим. ред.).



Авиаучет:
самолет должен быть
специально оборудован
для наблюдений за животными.

— В 2011 г. специалисты Постоянно действующей экспедиции РАН участвовали в рейсе НИС «Михаил Сомов», проследовавшего по Северному морскому пути. Какие задачи удалось решить в ходе этой работы?

— Одна из наших главных задач — подсчет численности разных видов. На всю территорию Арктики такие исследования распространить невозможно, но по мере сил мы восполняем пробелы. Во-первых, устанавливаем, где в конкретное время находятся животные, а потом подсчитываем их. Северный морской путь интересен не только в связи с тем, что здесь живут белухи. В данном районе обитает объект еще одной нашей арктической программы — белый медведь, а также другие морские млекопитающие, в том числе тюлени. Когда шел тюлений промысел, проводили и подсчет их численности. По тем же мотивам (для определения ресурсного потенциала вида) оценивали и количество серых китов. Теперь, когда охота на этих животных прекращена, потерял и контроль.

— А как вы находите места скопления интересующих вас животных?

— Опрашиваем работников заповедников, национальных парков, метеостанций, нефтяных месторождений, местное население. Информация, полученная от непрофессионалов, тем не менее, позволяет что-то предполагать. Когда же наши специалисты садятся на борт судна, проходящего вдоль всего арктического побережья, они получают возможность не только регистрировать, где звери находятся, но и сразу подсчитывать их число. Это достаточно достоверный способ учета. Мы считаем животных, наблюдая в бинокль и фотографируя их скопления. Но самые богатые сведения о численности получаем с помощью авиаучетов.



— Расскажите об этом подробнее, пожалуйста.

— Мы можем организовать такие исследования в районах, где есть аэродромы. Например, арендуем самолет Ан-38 в Хабаровском авиаотряде. Затем устанавливаем на нем специальное оборудование, позволяющее вести наблюдения за животными: обычные иллюминаторы заменяем выпуклыми стеклами — блистерами (по три с каждого борта), чтобы можно было смотреть вниз и фотографировать. Во время полета ведется непрерывная документальная фото- и видеосъемка, в том числе приборами инфракрасного видения. Помимо основных объектов (зверей и птиц) мы регистрируем орудия лова, различные загрязнения, морские суда, очаги цветения фитопланктона и др.

Обычно маршруты полетов проходят вдоль береговой линии, на расстоянии 300–1000 м от суши, причем при высоте 400 м информация снимается с полосы шириной около 3 км. Затем мы анализируем полученные сведения. Такие учеты специалисты Постоянно действующей экспедиции РАН проводят в Охотском, Белом, Баренцевом морях.

Помимо авиаучетов для оценок численности разных видов мы используем спутниковые фотографии. Но тут важна разрешающая способность снимка: если площадь, занимаемая на нем, например, фигурой белого медведя, больше размера пикселя, то можно подсчитать этих зверей. Сотрудники нашего института и Постоянно действующей экспедиции РАН, кандидат технических наук Никита Платонов и кандидат биологических наук Илья Мордвинцев, разработали специальную методику для соответствующего анализа космических снимков, и теперь с их помощью мы можем определить местонахождение и количество животных (дельфинов, тюленей, белого медведя).

Если вернуться к экспедиции по Северному морскому пути, то наши специалисты во время наблюдений регистрировали присутствие всех морских млекопитающих, в том числе не охваченных пока перечисленными программами — например, моржей. Существует три их подвида — тихоокеанский, лаптевский и атлантический, различающихся уровнем отношения популяции, причем два последних занесены в Красную Книгу Российской Федерации.

— Однако, как вы отметили, программы, посвященной моржу, пока нет. Зато в 2012 г. новым объектом пристального внимания специалистов Постоянно действующей экспедиции РАН стал тюлень. Почему?

— Дело в том, что тюлень — пищевой конкурент белухи и одновременно один из объектов кормовой базы белого медведя. А ведь эти «символы» Арктики являются вершинами двух пищевых пирамид: белуха — конечный потребитель продукции в море, медведь — на льдах. То есть по состоянию их популяций мы можем оценивать и морскую, и «ледяную» часть арктической экосистемы.

— Иначе говоря, без сведений о тюлене, белухе, белом медведе невозможно во всей полноте представить настоящее и будущее их среды обитания? Невольно возникает образ: приобретенные вами знания становятся для людей элементами гигантской мозаичной картины, какой представляется живая Арктика, так мало изученная.

— Собрать такую «мозаику» — и есть задача ученых. Мы начали заниматься тюленями и обнаружили, что в их жизни сейчас происходят довольно серьезные изменения. Но обо всем по порядку.

Раньше считалось, что одни виды тюленей щенятся на берегу, другие — на льдах (сейчас эти предположения проверяются). Но как бы то ни было, жизнь их тесно связана со льдом. Охотясь, эти превосходные пловцы всегда держатся вдоль его кромки, где удобнее нырять за рыбой. Глубина моря в зоне их активности обычно составляла 50–200 м.

И вот теперь, в условиях потепления климата, лед отходит от берега все дальше, глубина воды увеличи-

вается, повышается ее температура, соответственно меняются состав и количество доступной пищи. Одновременно под влиянием нагревающегося воздуха поверхность «тюленьего дома» подтаивает, здесь образуются лужи, постепенно сухого места почти не остается. И детеныши, которые должны кормиться молоком мамы, прежде, чем нырнуть, оказываются в воде до срока. Малыши заболевают воспалением легких от переохлаждения, гибнут, и эта ситуация начинает угрожать популяции в целом.

— Вы упомянули о том, что за тюленями охотятся белые медведи. Как меняющаяся климатическая ситуация сказывается на их жизни?

— Белые медведи живут на льдах, но всегда выводят потомство на суше. Роддома их известны на острове Врангеля, Чукотке, Земле Франца-Иосифа. Прежде чем детеныши покинут эти места, они должны подрасти. Но в нынешних климатических условиях лед, как мы отметили, все дальше уходит от материка. Медвежьим семьям на весь теплый сезон остаются на земле.

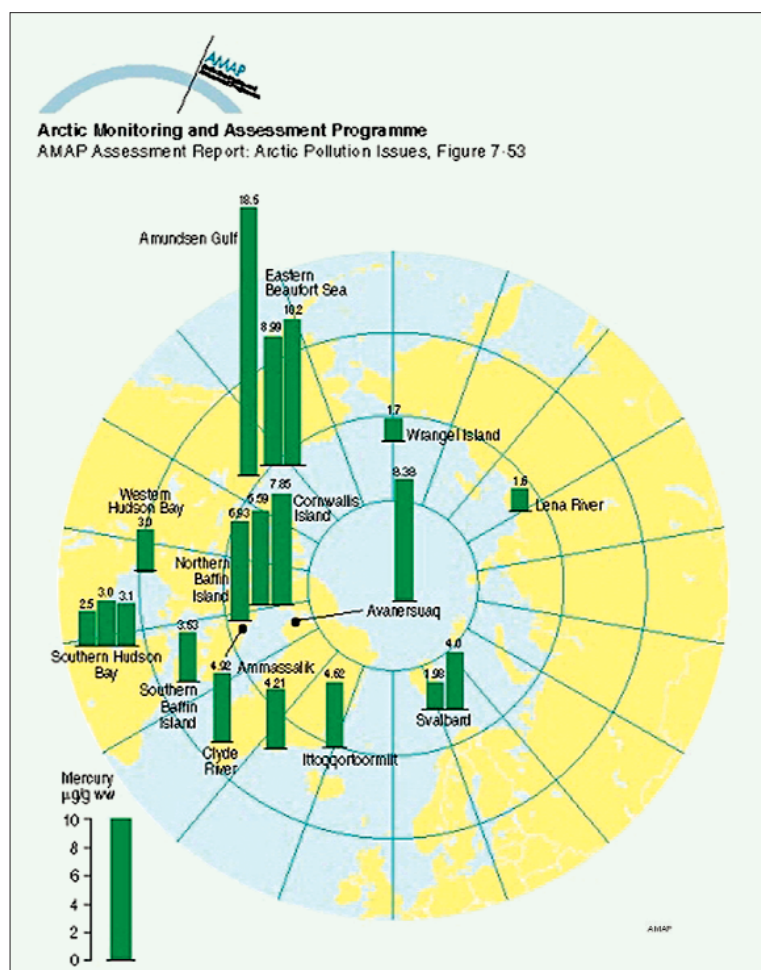
Если обычно в море зверь питается нерпой, то теперь ему доступна лишь мелкая рыба — плохая замена излюбленному лакомству. Другой вариант — трупы сухопутных животных (оленья, моржа, тюленя), т.е. основным кормом белых медведей на суше становится падаль. Как скажется на их здоровье смена рациона? Мы занимаемся и этой проблемой: изучаем, чем болеют животные, какие паразиты встречаются в их экскрементах (надо сказать, что, за единственным исключением, все виды гельминтов, свойственные гималайскому, бурому медведям, живут и у их арктического собрата).

Обездвижив медведя для того, чтобы надеть на него спутниковый ошейник, мы одновременно берем у него кровь, чтобы определить различные показатели, в том числе наличие возбудителей заболеваний (хламидий, микоплазм и др.). Пробы шерсти наши специалисты анализируют на содержание в них ртути (показатель общей загрязненности среды обитания). Надо сказать, что по этому параметру зарубежными коллегами (канадскими, норвежскими, американскими зоологами) составлены карты для некоторых территорий на Шпицбергене, в Канаде. Как оказалось, уровень содержания Hg в шерсти белого медведя там выше, чем на Земле Франца-Иосифа и острове Врангеля.

Северный Ледовитый океан давно стал местом захоронения радиоактивных отходов. И сегодня мы начинаем контроль соответствующих показателей (радиоактивный кобальт и др.) в различных тканях животных, прежде всего в волосах, используя любезно предоставленные нам МАГАТЭ карты размещения радиоактивных захоронений.

— То есть данные исследований зоологов позволят выработать не только тактику охраны краснокнижных видов Арктики, но и понять, чего надо остерегаться человеку?

— В последнем случае особое значение приобретает изучение пищевых связей. В Баренцевоморском регионе параллельно с нами работают норвежские



Распределение ртути в шерсти белых медведей в разных районах Арктики.

коллеги. Они тоже озабочены содержанием ртути и других вредных компонентов в тканях животных, например, белого медведя или белухи, которая питается рыбой. Для Дальневосточного региона такие исследования особенно актуальны: многие морские млекопитающие здесь охотятся за рыбой, нагулянной у берегов Японии, где в 2011 г. в результате землетрясения произошла авария на атомной станции. Но ведь и жители Норвегии, и нашей страны едят ту же рыбу. Значит, надо учитывать эти риски и заниматься данной проблемой. Мы изложили свою позицию представителям Министерства чрезвычайных ситуаций РФ и встретили понимание.

Что же касается редких видов, то наша задача — создать научную основу для их охраны и предоставить соответствующие рекомендации в Министерство природных ресурсов и экологии РФ. Ввиду предстоящего освоения сырьевых ресурсов Арктики надо учиться управлять популяцией, перемещением и поведением животных. Для этого надо знать их особенности.

Кстати, у людей, работающих на газовых месторождениях в Арктике, сейчас периодически возникают проблемы во взаимоотношении с белым медве-

дем. Как я уже говорил, этот зверь в силу меняющихся природных условий вынужден обживать сушу вместо того, чтобы жить во льдах. И в поисках пищи он приходит к поселкам, угрожая жителям и заставляя их прекращать всякую деятельность. К нам обратились представители нефтегазовых компаний с просьбой предложить соответствующие рекомендации.

Но прежде мы должны понять причины медвежьих визитов: скорее всего, зверя привлекают пищевые отходы. Значит, первый совет — не оставлять эту «приманку» вблизи жилья или рабочего места. Необходимо присматриваться к опыту коренных жителей. Например, чукчи решили собирать трупы моржей, оказавшиеся на лежбищах вблизи их поселков, и перевозить их на такое расстояние, чтобы медведь, пришедший полакомиться падалью, не причинял беспокойства людям. Все неприятности обычно провоцирует сам человек — значит, надо менять свое поведение.

Иллюстрации предоставлены автором