



7

2007

ЖИЗНИ И ВМЯ







Химия и жизнь
Ежемесячный
научно-популярный
журнал

7
2007

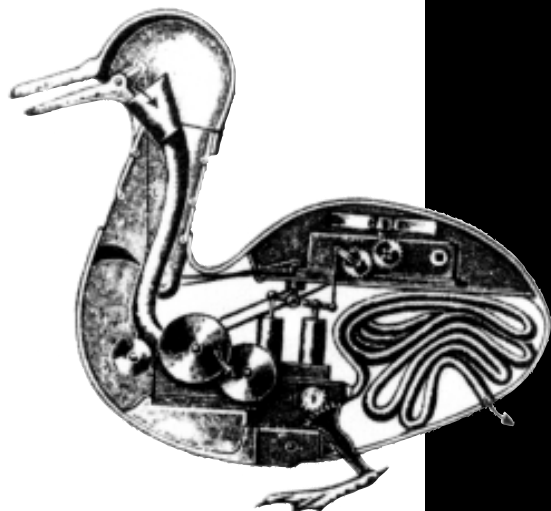
*Оптимист — тот, кто точно знает,
до чего плох может быть мир,
а пессимист открывает
это каждое утро.*

Питер Устинов



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ — картина
А.Беклина «Рыбалка Панов». Долгие годы в озере Лох-
Несс пытаются что-нибудь поймать, хотя бы русалку.
Жабу на дне уже обнаружили. Кто следующий?
Об этом читайте в статье «Новости со дна
озера Лох-Несс».*





Зарегистрирован
в Комитете РФ по печати
19 ноября 2003 г., рег. ЭЛ № 77-8479

НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

Главный редактор
Л.Н. Стрельникова
Заместитель главного редактора
Е.В. Клещенко
Ответственный секретарь
М.Б. Литвинов
Главный художник
А.В. Астрин

Редакторы и обозреватели

Б.А. Альтшулер,
В.С. Артамонова,
Л.А. Ашкинази,
В.В. Благутина,
Ю.И. Зварич,
С.М. Комаров,
Н.Л. Резник,
О.В. Рындина

Технические рисунки

Р.Г. Бикмухаметова

Агентство ИнформНаука

О.О. Максименко,
Н.В. Маркина,
О.Б. Баклицкая-Каменева
textmaster@informnauka.ru

Подписано в печать 3.07.2007

Адрес редакции:

105005 Москва, Лефортовский пер., 8

Телефон для справок:

(495) 267-54-18,

e-mail: redaktor@hij.ru

Ищите нас в интернете по адресам:

<http://www.hij.ru>;

<http://www.informnauka.ru>

При перепечатке материалов ссылка
на «Химию и жизнь — XXI век»
обязательна.

© АНО Центр «НаукаПресс»



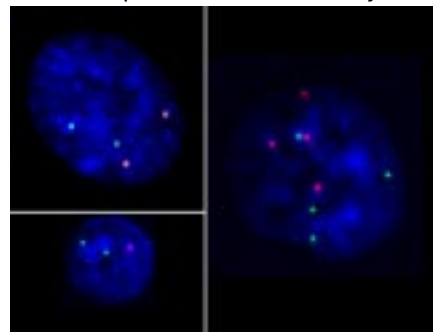
6

Программа «Водородная энергетика и топливные элементы» стартовала четыре года назад. Что сделано за это время?

Химия и жизнь

26

Стволовые клетки, размножаясь в культуре, потеряли одну из хромосом: такие клетки опасно пересаживать больному.



ИНФОРМНАУКА

НАНОАЛМАЗЫ В ХРОМАТОГРАФИИ	4
КАМНИ НА СЕРДЦЕ	4
ЗАРАЗНЫЕ РАСТЕНИЯ	5

ТЕХНОЛОГИИ

Л.Н.Стрельникова ЭНЕРГИЯ 2.0	6
--	---

ТЕХНОЛОГИИ

Ю.И.Зайцев КОГДА К НАМ ПРИДЕТ ГЛОНАСС	15
---	----

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Е.В.Балановская, О.П.Балановский РУСЬ ФАМИЛЬНАЯ	20
---	----

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Е.Котина КАК ОБЕЗОПАСИТЬ СТВОЛОВЫЕ КЛЕТКИ	26
---	----

БОЛЕЗНИ И ЛЕКАРСТВА

Е.Клещенко ОБОНЯТЕЛЬНЫЙ ЭПИТЕЛИЙ: ОКНО В МОЗГ	28
---	----

ЖИВЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

Д.А.Лось КАК ЧУВСТВУЮТ СТРЕСС ЦИАНОБАКТЕРИИ	32
---	----

ИЗ ДАЛЬНИХ ПОЕЗДОК

И.А.Савинов САДЫ И ГЕРБАРИИ ТУМАННОГО АЛЬБИОНА	36
--	----

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

М.Т.Мазуренко ДНЕВНИК БОТАНИКА	41
--	----

ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

М.Ю.Кожевников ВОЛЬНЫЕ СЫНЫ САРАТОВСКОГО ЭФИРА (1966–1976 ГОДЫ)	46
---	----

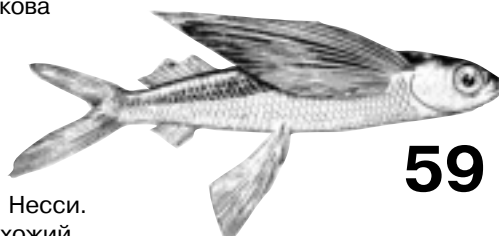


Сбор гербария был для А.П.Хохрякова смыслом жизни. Он искал редкие растения и в горах Колымы, и в тропическом лесу на Кубе, самовольно покинув туристическую группу...



Это не Несси. Это похожий на нее ствол дерева

57



59

Вышел матрос на палубу покурить. Стоит, любуется ночным небом, а в это время кто-то хрясь его в лоб. Оказывается, это всего-навсего летучая рыбка.

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

А.А.Галигузов

НА ОСТРИЕ «ЧЕРНОГО КАРАНДАША» 50

ЦИКЛ ВОДЫ

Д.Я.Фащук

МОРЕ СОЛИ И СОЛЬ МОРЯ 54

РАССЛЕДОВАНИЕ

С.М.Комаров

НОВОСТИ СО ДНА ОЗЕРА ЛОХ-НЕСС 57

РАССЛЕДОВАНИЕ

С.Анофелес

ЛАЗЕР СОХРАНИЛ ПАМЯТЬ О ДИНОЗАВРЕ 59

ВОДА И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

В.Сербин

РОЖДЕННЫЙ ПЛАВАТЬ – ЛЕТАТЬ УМЕЕТ 60

ФАНТАСТИКА

Татьяна Апраксина

АНОМАЛЬНАЯ ГРУППА 64

НЕПРОСТЫЕ ОТВЕТЫ НА ПРОСТЫЕ ВОПРОСЫ

Л.Викторова

СМОРОДИНА 68

КСТАТИ О КОСМОСЕ

П.Данилов

КОСМОС – ЭТО ПОЖАР 72

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	14	ПИШУТ, ЧТО...	70
ИНФОРМАЦИЯ	35	ПЕРЕПИСКА	72
КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	70		



В номере

4

ИНФОРМНАУКА

О сорбенте из алмазного порошка, камнях, которые отягощают сердце не в переносном, а в прямом смысле, и о том, как чувствуют себя бактерии, патогенные для человека, в помидорах и картошке.

15

ТЕХНОЛОГИИ

Чтобы определить свое место на поверхности Земли, человек испокон веков смотрел на звезды. Теперь он принимает сигналы от спутников глобальной системы навигации. Сможет ли российская система ГЛОНАСС составить конкуренцию американской GPS?

20

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Ученые, исследующие генофонд населения, берут образцы крови у множества людей, выделяют из них ДНК, анализируют последовательности генов... К счастью, есть и другие, более удобные маркеры – фамилии, которые, как и гены, передаются по наследству.

46

ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

«Я прослушал 25-метровый КВ-поддиапазон, надеясь поймать «Голос Америки» на украинском языке, а затем переключился на СВ и начал крутить ручку к отметке «300 м». Неожиданно я услышал женский голос: «Иркут, Иркут, я – Ангара, все поняла...»

50

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

Еще до экспериментов Дэви с вольтовой дугой, в 1803 году вышел труд профессора математики и физики Санкт-Петербургской Медико-хирургической академии Василия Владимировича Петрова «Известия о Гальвани-Вольтовских опытах». В своей книге он весьма подробно рассказал о тепловом действии вольтовой дуги на металлы...



АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Наноалмазы в хроматографии

Российские ученые Химического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова предлагают использовать детонационные наноалмазы в качестве сорбентов в хроматографии. Исследования, проведенные авторами, позволяют надеяться, что такие сорбенты, приготовленные должным образом, будут и эффективными, и долговечными (Pavel.Nesterenko@utas.edu.au).

Статью в престижнейшем научном журнале «The Analyst», опубликованную учеными по результатам работы, сопровождал эпиграф про бриллианты и про девушек — фраза из легендарного фильма. И в этом есть логика: как не стареет любовь девушек к бриллиантам, так не ухудшается со временем качество наноалмазов. Поэтому сорбенты, сделанные на их основе, прослужат куда дольше, нежели обычные, сделанные из оксида кремния или алюминия. Правда, наноалмазы в первозданном виде — сорбенты неважные. Но подготовленные по методу, предложенному доктором химических наук профессором П.Н.Нестеренко и его коллегами, они работают в хроматографии не хуже традиционных сорбентов, но гораздо дольше, поскольку практически ни в чем не растворимы.

Исходные наноалмазы совсем не блестят, они представляют собой невзрачный серенький порошок, полученный, например, при утилизации взрывчатки: ее взрывают в камере в недостатке кислорода. Он состоит из частиц размером от 4 до 20 нанометров, которые спекают при высокой температуре и получают более крупные, пронизанные порами частицы, весьма разнородные по размеру. Сорбционные

свойства у них так себе, поэтому московские химики предлагают брать предварительно отожженные при 1200° и давлении около 3 гигапаскаль наноалмазы и выделять фракцию частиц размером 3–6 микрон. Теперь ее надо как следует отмыть. Для этого разработана специальная многоступенчатая процедура, в результате которой эффективность сорбента можно поднять более чем в десять раз.

Полученный сорбент, то есть наноалмазы, пронизанные порами диаметром от 1,2 до 7,5 нм, показал прекрасные рабочие качества. Например, с его помощью удалось почти идеально разделить компоненты смеси диалкилфталатов, молекулы которых отличались между собой всего лишь по числу CH_2 -групп. Но почему с обычных, больших алмазов практически любые растворы просто стекают, а маленькие удерживают на своей поверхности молекулы в течение некоего времени, зависящего от структуры соединений?

«При отмывке наноалмазов от остатков графита и других примесей используют очень сильные окислители, например концентрированную серную кислоту, — объясняет П.Н.Нестеренко. В результате на поверхности наноалмазов образуются карбоксильные и гидроксильные группы, и частицы теряют химическую инертность, свойственную обычным, то есть более крупным кристаллам алмаза. Эти приобретенные группы играют главную роль в удерживании молекул определяемых веществ. Ведь и классические сорбенты, например оксиды алюминия и кремния, проявляют свои сорбционные свойства как раз благодаря поверхностным гидроксильным группам».

Хроматография, открытая еще в 1903 году российским ученым М.С.Цветом, до сих пор остается одним из самых распространенных методов анализа и разделения веществ. Проходя в потоке жидкости или газа сквозь массу сорбента — как правило, порошка с высоко развитой поверхностью, — определяемые вещества удерживаются на сорбенте с разной силой и потому разное время. В результате из колонки, набитой сорбентом, различные соединения выходят не одновременно. Поэтому разработка новых сорбентов — это огромная область науки, а их производство — важнейшая отрасль химической промышленности. Конечно, сорбенты, предложенные авторами, предназначены не для хроматогра-

фии вообще, а для одного из ее вариантов — высокоэффективной жидкостной. Но в любом случае эта работа может стать основой нового направления в технологии материалов для хроматографии. Отрадно, что оно тоже будет связано с именами российских ученых.

МЕДИЦИНА

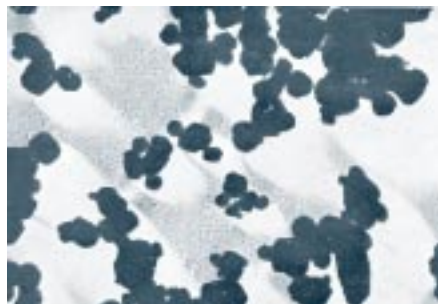
Камни на сердце

Камень на сердце — не метафора, а патология. Сотрудники Объединенного Института геологии, геофизики и минералогии им. А.А.Трофимука СО РАН, института геологии нефти и газа СО РАН и Института катализа им. Г.К.Борескова СО РАН в Новосибирске доказали, что сердечные клапаны обрастают апатитом так же, как морское дно, то есть биогенным путем. Бактерии, образующие вокруг себя каменные мешки, с одинаковым успехом живут и в море, и в сердцах млекопитающих (lgilinskaya@uiggm.nsc.ru).

Вообще-то задача геохимиков — исследовать, как в природе формируются апатитовые отложения, главный источник фосфора для человечества. Но они предположили, что аналогичные процессы происходят под действием микробов в живых тканях, например в сердце. Так же, как в почках и печени, сердечные камни состоят из минеральных чешуек, которыми покрываются колонии бактерий, часто обитающих в эндокарде и на поверхности клапанов, но лишь изредка дающих о себе знать инфекционным воспалением — эндокардитом.

Бактерии живут в крови и осаждают из нее апатит. В результате образуются кардиолиты — коралловидные камни весом 1–4 г, пронизанные органическими пленками. Их приходится извлекать из сердца хирургическим путем. Бактериальное происхождение кардиолитов выдала их микроструктура: они состоят из мельчайших шариков-глобул, размером меньше тысячной доли миллиметра, а такие конструкции обычно строят бактерии. Глобулы срастаются, образуя грозди, шары или друзы в форме цветка.

Немногим позже удалось поймать и самих строителей. Ими оказались бактерии кокковидной (шарообразной) формы,





связанные полисахаридными нитями. Исследователи не исключают, что это те самые энтерококки и стрептококки, которые вызывают инфекционный эндокардит. По крайней мере, многим людям, перенесшим его, потом приходится удалять из сердца камни, так как полностью истребить паразитов удается редко. Эндокардит проходит, уцелевшие микробы опираются от антибиотиков и опять принимаются за свое.

Ученые рассмотрели в электронный микроскоп, как устроены кардиолиды. Их изыали во время операций на сердце в нескольких клиниках Сибири. Природные образцы для сравнения привезли из Европейской России, Марокко и Колумбии. Исследователи сделали серию препаратов из разных участков камней. Выяснилось, что и природные апатиты органического происхождения, и кардиолиды состоят из похожих глобулярных образований. Глобулярная структура — это, как уже отмечено, признак биогенного происхождения минералов: так же устроены, например, природные карбонаты. В кардиолидах же глобулы отсортированы по размеру: мелкие расположены с краю колонии, а крупные в середине. Это указывает на постепенное созревание друз в среде, которая насыщена органическим веществом, содержащим фосфор и кальций.

Природные и человеческие апатиты отличаются по своему химическому составу. Первые лучше окристаллизованы, и в них содержится меньше органики. Оно и неудивительно: одним камням миллионы лет, а другим — считанные годы. Источником кальция и фосфора для бактерий-каменщиков служат фосфорорганические молекулы, которых много и в крови, и в природных водах. Их клетки искусственно концентрируют вокруг себя фосфор и кальций, и с точки зрения геохимии уже нет большой разницы между сердечной мышцей и насыщенным органикой придонным слоем воды. Апатит в сердечной мышце, таким образом, представляет собой начальную стадию процесса, а природные минералы — конечный продукт.

Возможность биоминерализации внутри организма тесно связана с составом крови. Несколько лет назад биологам удалось воспроизвести обрастание микробов фосфоритными чехлами в культуре *in vitro*. Так, например, цианобактерия спо-

собна покрыться минералом за несколько часов. Теперь, когда известно, что разнообразные «камни» в организме — это постройки бактерий, можно придумать, как помешать этому строительству.

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Заразные растения

Кто помыл фрукты перед едой, пусть не считает себя в безопасности. Патогенные для человека бактерии могут быть не только снаружи, но и внутри растения. Энтеробактерии способны распространяться по всему растению и заражать человека, съевшего это растение. Такую весть принесли нам сотрудники Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН при участии коллег из Научно-исследовательского противочумного института Сибири и Дальнего Востока, Института эпидемиологии и микробиологии ВСНЦ СО РАМН (Иркутск) и новосибирского Центра гигиены и эпидемиологии (matmod@sifibr.irk.ru).

Среди энтеробактерий есть и безвредные для человека виды, и патогенные, и условно-патогенные, которые могут вызвать болезнь при неблагоприятном стечении обстоятельств. Многие энтеробактерии обитают в кишечнике человека и животных. С испражнениями они попадают в окружающую среду, в которой довольно долго сохраняются, в том числе благодаря тому, что находят убежище в растительных тканях. В корневую систему растений энтеробактерии проникают из зараженной почвы. Причем, как установили иркутские ученые, зараженность растений «человеческими» микроорганизмами напрямую зависит от степени антропогенного и техногенного загрязнения местности. Ранее исследователи обнаружили энтеробактерии в листьях городских деревьев и трав: клена, груши, чистотела и подорожника. Теперь они провели лабораторные эксперименты и заразили растение несколькими видами энтеробактерий.

В опытах поучаствовал патогенный штамм *Yersinia pseudotuberculosis*, выделенный из клинического материала. Эти бактерии вызывают хроническое желудочно-кишечное расстройство и другие заболевания, достаточно тяжелые. Второй вид бактерий называется *Morganella morganii*. Эти микробы могут стать причиной инфекции дыхательных путей, ран и мочевыводящих путей. Штамм морганеллы, исполь-

зованный в эксперименте, ученые вывели из плодов томата, причем он обладал устойчивостью к антибиотикам, а приобрести такую устойчивость могли только микробы, чьи предки побывали в человеческом организме. И наконец, третий участник эксперимента — неизбежная кишечная палочка, верный спутник человека. Бактериями заражали семидневные картофельные проростки разных сортов, отличных по степени устойчивости к фитопатогенам. Для заражения суспензию бактерий наносили на слегка поврежденную прикорневую часть стебля. Контрольные растения смазывали чистой питательной средой. Через несколько дней экспериментаторы оценили результаты.



Бактерии не остались в точке заражения в нижней части стебля. Все они распространились по растению, достигнув его верхушек. При этом они явно влияли на развитие картофельных проростков. Кишечная палочка заметно стимулировала рост стебля, особенно у сорта Лукьяновский, восприимчивого к кольцевой гнили, но устойчивого к другим фитопатогенам. Морганелла, напротив, угнетала растения, листья у них становились скрученными и пятнистыми, с очагами некроза. Особенно чувствительным к человеческому микробу оказался сорт Домодедовский, неустойчивый и к фитопатогенам. Иерсинии заметно не влияют на рост картофельных проростков. Но именно эти микроорганизмы ученые, выделив из растения, подвергли некоторым иммунологическим и молекулярно-генетическим испытаниям. Оказалось, что иерсинии, побывавшие в картофельных проростках, полностью сохраняют факторы патогенности и, следовательно, представляют опасность для человека.

Исследователи отмечают, что энтеробактерии могут попадать не только в картофельную ботву, но и в съедобные части растений, внутрь плодов и семян, а затем заражать съевшего их человека.





Энергия 2.0

Л.Н.Стрельникова

Водородная энергетика – это не мыльный пузырь. Иначе стали бы крупные мировые корпорации вкладывать в это дело живые денюжки? Водородная энергетика – это перспектива, по оценкам многих специалистов – вполне радужная. Так какой же она будет? Давайте об этом поговорим. И для начала вспомним, что четыре года назад (2003 год) компания «Норильский никель» вместе с Российской академией наук объявила о запуске совместной программы «Водородная энергетика и топливные элементы» (см. «Химию и жизнь», 2004, № 1). Тогда «Норни-



Фотограф Эдит Хунн



ТЕХНОЛОГИИ

нашел свое место в мощном мировом «водородном движении», которое создает новую водородную реальность, названную «Энергия 2.0» с легкой руки Нола Брауна из Массачусетского технологического института. «Энергия 2.0» – это та, что не загрязняет окружающую среду.

Таинственный остров

Впервые назвал водород потенциальным топливом и носителем энергии Жюль Верн в 1857 году в романе «Таинственный остров. Помните диалог Пенкрофа и Смита?

«– Какое топливо заменит уголь?

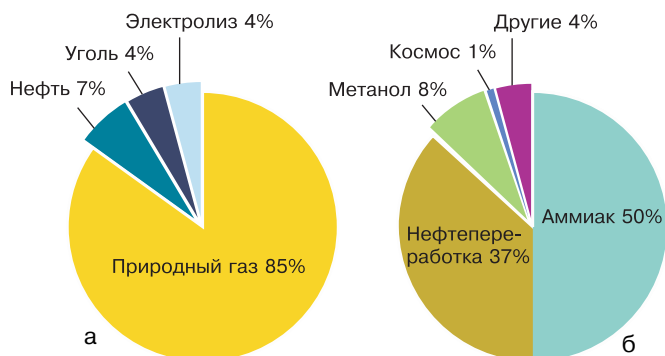
– Вода, – ответил инженер.

– Вода? – переспросил Пенкроф...

– Да, но вода, разложенная на составные части, – пояснил Сайрес Смит. – Без сомнения, это будет делаться при помощи электричества... Наступит день, и вода заменит топливо... Водород и кислород, из которых она состоит, окажутся таким мощным неисчерпаемым источником тепла и света, что углю до них далеко!»

Вот так, минуя нефть и газ, Жюль Верн перескочил от угля, основного топлива XIX века, к водороду, топливу XXI века.

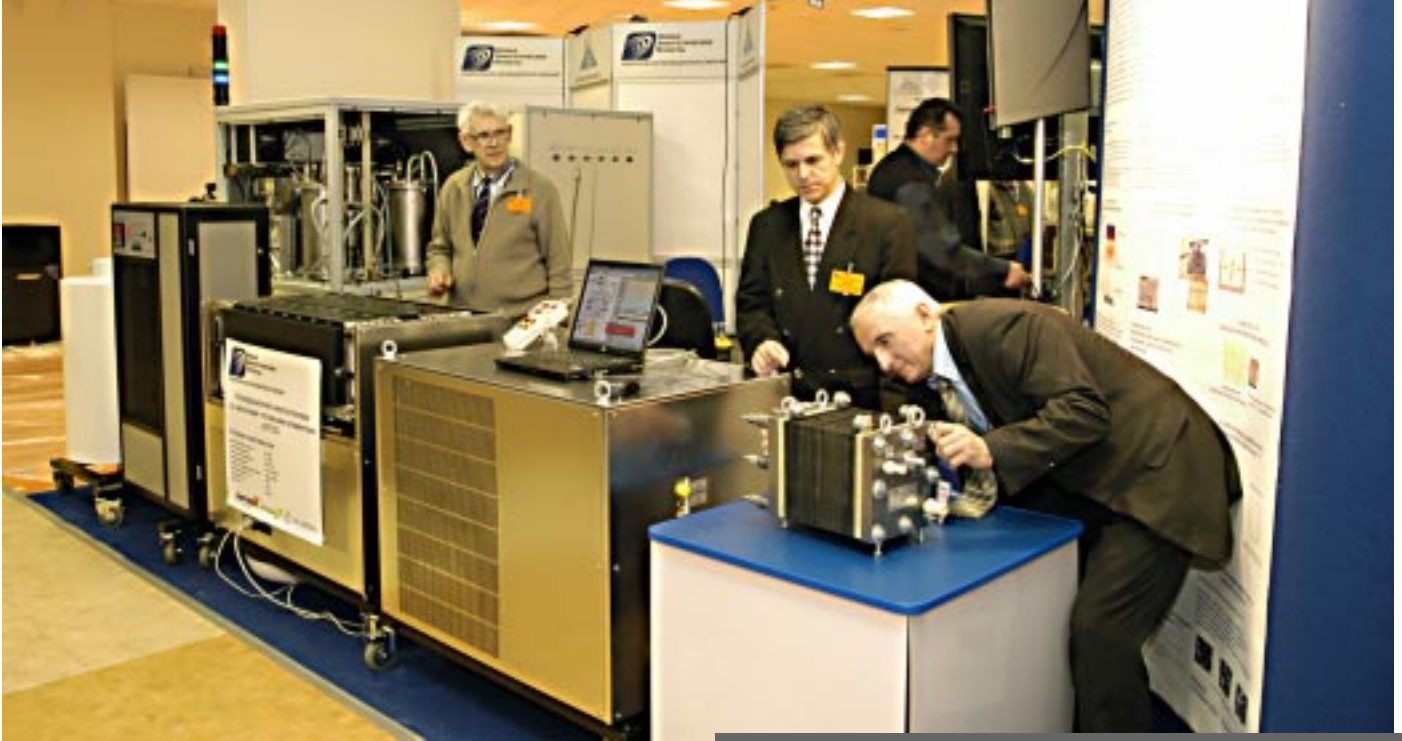
Но прошло почти полтора столетия, прежде чем энергетики обратили внимание на водород. Жизнь заставила. Во-первых – исчерпание природных углеводородов (нефти, угля и газа), которое происходит на наших глазах. Этот природный ресурс ограничен и рано или поздно закончится. Для России с ее холодным климатом это особенно важно, поскольку на долю природных углеводородов в нашей энергетике приходится более 90% (см. диаграмму 1). Во-вторых, углеводородная энергетика –



1
*Сегодня водород получают в основном из природного газа (а), и весь он идет на нужды химической, нефтеперерабатывающей, металлургической и пищевой промышленности (б).
Источник – «Российский химический журнал», 2006, № 6*

грязная. Выбросы ТЭЦ и автомобилей содержат букет самых разных органических веществ, продуктов неполного сгорания топлива, а также оксиды серы и азота. В результате люди в городах стали чаще страдать аллергиями, заболеваниями верхних дыхательных путей и пр.

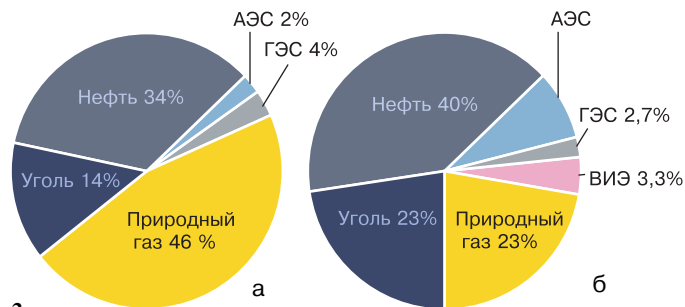
кель» выделил 120 миллионов долларов для поисковых, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в этой области. Разговоров и жарких дискуссий было много, опасений, что деньги будут потрачены впустую, – тоже. А главное, первый всплеск публикаций сменился подозрительным молчанием. Уж не похоронена ли эта программа по причине несостоятельности нашей науки и ограниченности финансов? Забегая вперед, скажу – нет. За эти годы «Норникель» создал действенную инфраструктуру, объединяющую науку и бизнес, и



Так выглядит стационарная энергоустановка с щелочными топливными элементами «ЭЛТЭГ» мощностью 6 кВт (в центре). Установка была представлена на выставке «Водородные технологии для производства энергии» в Москве в 2006 г.

Наконец, глобальное потепление на Земле многие ученые связывают с резким ростом концентрации углекислого газа в атмосфере, создающего парниковый эффект. А углекислый газ образуется при сжигании бензина, угля и газа.

Вообще с энергетикой у нас дела плохи. Мы производим на душу населения в 4,6 раза больше энергии, чем в среднем в мире. А энергоэффективность (ВВП на единицу используемой энергии) в 2,5 раза ниже среднемировой. Мы выбрасываем углекислого газа в 2,5 раза больше (опять-таки в пересчете на душу населения). А доля топлива в структуре экспорта товаров у нас в 6,2 раза больше среднемирового уровня. Такими темпами мы быстро разбазарим доставшиеся нам запасы ископаемого топлива. И если нынешние тенденции развития энергетики на фоне глобальной энергетической революции сохранятся, то на технологической карте мира Россия со временем превратится в захолустье, оставаясь



2 *Энергетика России сегодня питается в основном природным ископаемым топливом (а), в США похожая ситуация (б). Источник — «Россия: стратегия перехода к водородной энергетике», 2007*

ясь лишь поставщиком топлива и сырья и рынком сбыта готовой продукции. Уже сейчас мы начинаем ощущать дефицит электроэнергии, что неизбежно тормозит экономический рост. Так оценивает ситуацию известный

экономист Б.Н.Кузык — один из самых активных деятелей в отечественном водородном процессе. Но об этом чуть позже.

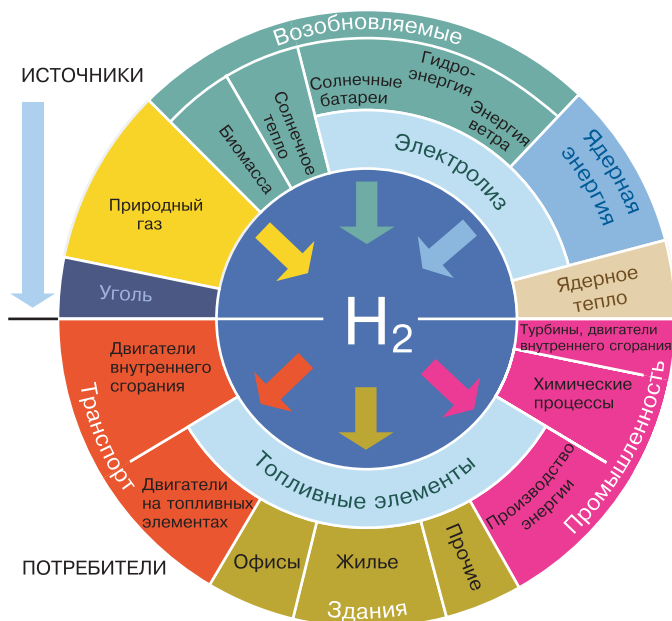
Сегодня уже нет сомнений, что решением проблемы должна стать альтернативная энергетика. Энергию ветра, волн, Солнца, тепла Земли уже умеют преобразовывать в электричество. Но автомобили от розетки не ездят. Что же может заменить бензин в автомобилях? Например — водород.

Реакция окисления водорода, а попросту его сгорание, — чистойшей с экологической точки зрения процесс. Ведь в результате образуется только вода. Из выхлопной трубы автомобиля, заправленного водородом, будут вырываться пары чистой воды и больше ничего. А энергии выделяется больше, чем при сгорании пороха. Если автомобиль в год сжигает в среднем 3,2 тонны моторного топлива, то водорода потребуется всего тонна. Иначе говоря, водород почти в три раза эффективнее бензина.

Где взять водород? Этот самый распространенный элемент во Вселенной входит в состав огромного количества соединений, находящихся на Земле и в Земле. Значит, водород надо выдрать из молекул этих веществ. А для этого потребуется много энергии. Самый привычный и отлаженный способ получения водорода — паровая конверсия метана, который содержится в природном газе. Сегодня мы получаем изрядное количество водорода этой самой конверсией — около 60 миллионов тонн в год. Но весь этот продукт уходит на нужды металлургии, химической и пищевой промышленности (см. диаграмму 2). Однако в результате этого процесса выделяется не только водород, но и углекислый газ. По сути, мы сжигаем природный газ, а значит, не решаем проблемы, о которых говорилось выше.

Самый лучший способ получения водорода — это тот, о котором писал Жюль Верн, — электролиз воды. Но электролиз требует огромного количества энергии. Каждый год мир потребляет 2200 млн. тонн моторного топлива. Чтобы его полностью заменить, потребуется 679 млн. тонн водорода. Чтобы его получить с помощью электролиза воды, понадобится 29 700 млрд. кВт·ч. А сегодня во всем мире производится вдвое меньше электроэнергии. Это одна из ключевых проблем водородной энергетики (см.

3
Топливные элементы могут питаться водородом разного происхождения и давать энергию для самых разных целей (материалы ЕС)



ТЕХНОЛОГИИ

первых крупных вложений была проста – мониторинг всего, что уже сделано в российской науке на тему топливных элементов, всего ценного, что лежит невостребованным на полках в институтах и научных центрах. А сделано немало. Еще в 1941 году в блокадном Ленинграде было создано устройство для использования водорода в качестве автомобильного топлива и впервые в мире начато его массовое применение.

«Норникель» собрал прекрасный урожай. Тогда по соглашению с РАН были получены заявки из 118 научных организаций, в которых предлагались конкретные технологии. Из этого массива удалось выбрать наиболее ценные разработки. Сорок уже запатентовано. В работе еще пара десятков. Так что первый этап, несомненно, окупился. Теперь идет прицельная работа с главными научными партнерами, которые были определены в ходе мониторинга.

Но прежде чем эти стратегические партнеры были определены, «Норникель» понял, что необходимо создавать систему, в которой логично увязаны несколько секторов – научно-исследовательский, инженерный, производственный и рыночный. А ядром этой системы должна стать серьезная управляющая компания, которая будет не только эффективно распоряжаться финансами, но и обеспечивать взаимодействие между всеми элементами системы. Так, спустя год после объявления «Водородной программы», появилась Национальная инновационная компания «Новые энергетические проекты» (НИК НЭП), созданная «Норильским никелем» и РАН специально для реализации этой программы, – едва ли не единственный в России пример системного подхода к водородной энергетике. Она контролирует и формирует весь процесс от идеи и научной разработки до производства готовых изделий. Компанию возглавляет известный экономист, член-корреспондент РАН Б.Н.Кузык.

Итак, НИК НЭП взялась за дело: строгий учет финансов, оценка эффективности их расходования, отбор научных партнеров, разработка стратегии и тактики освоения водородного будущего, определение своей ниши на водородном рынке. НИК НЭП стала тем недостающим системным элементом, без которого успеш-

ных крупных вложений была проста – мониторинг всего, что уже сделано в российской науке на тему топливных элементов, всего ценного, что лежит невостребованным на полках в институтах и научных центрах. А сделано немало. Еще в 1941 году в блокадном Ленинграде было создано устройство для использования водорода в качестве автомобильного топлива и впервые в мире начато его массовое применение.

«Химию и жизни», 2006, № 5). Над ее решением бьются ученые во многих странах, пытаясь создать процесс разложения воды с минимальным расходом энергии.

Но вот водород получен. И здесь появляются новые проблемы. Как водород транспортировать и хранить? Для его сжижения под давлением и при охлаждении опять требуется энергия. Кроме того, водород легко просачивается даже через металл. Кстати, Н.С.Прохоров из РНЦ «Прикладная химия» в Санкт-Петербурге рассказал нам, что в СССР производили около 500 тыс. тонн жидкого водорода в год и перевозили автомобильным, железнодорожным и воздушным транспортом, правда, никто из обычных людей об этом не знал и не догадывался. Водород нужен был для космоса, и тогда все вопросы его транспортировки, хранения и безопасности были решены. В мае этого года исполнилось 20 лет со дня запуска ракеты «Энергия-Буран» (15 мая 1987 года) в которой использовались водородные топливные элементы. Отсюда ясно, что обращаться с водородом мы уже умеем. По мнению Н.С.Прохорова, сегодня проблема хранения и транспортировки водорода не столько технологическая, сколько экономическая. И – управленческая, добавлю я.

Топливные элементы (ТЭ) – один из наиболее эффективных и безопасных способов использования водорода. На них и делает ставку «Норникель».

Недостающий элемент

Топливный элемент – изделие высокотехнологичное. Здесь без серьезной науки не обойтись. Вот почему первым шагом «Норникеля» и Российской академии наук стала комплексная программа «Водородная энергетика и топливные элементы». Цель



Фотография предоставлена НИК НЭП

Батарея на твердополимерных топливных элементах



ная работа в высокотехнологичной отрасли сегодня невозможна.

Стратегия компании, как следует из названия, немного изменилась. НИК НЭП теперь делает ставку не только на водородную энергетику в виде топливных элементов, но и на солнечную. Та и другая могут хорошо работать в связке. Вот как комментирует устремления компании В.Л.Туманов, один из активных идеологов водородных технологий, директор программы НИК НЭП: «Норильский никель» делает основную ставку на энергетику на основе топливных элементов, в частности – на водородную. Водород – это наиболее эффективный промежуточный энергоноситель. Это не всеобщая панацея, тем не менее это вид энергетики с максимальным КПД, который оказывает минимальное воздействие на окружающую среду». Но мне, кажется, понятны предпочтения «Норникеля». Производство водорода, его транспортировка по нашей гигантской стране, сеть водородных заправок, привязанных к существующим бензиновым, – за такое масштабное дело ни одна частная компания не возьмется. К тому же это зоны, в которых уже хозяйничают газовики и нефтяники. Тут не договоришься, тут только государство может отрегулировать процесс. Впрочем, топливные элементы – ключевое звено водородной энергетики.

Каждой энергетике – свое время. Водородная придет на смену углеводородной через 40–50 лет. Солнечные фотопреобразователи, ветровые, приливные, геотермальные и атомные электростанции будут давать энергию, которую можно будет преобразовывать в водород, получая его электролизом из воды, конверсией природного газа, газификацией угля и из биомассы. Этот носитель энергии станет питать огромное разнообразие топливных элементов – для транспорта всех видов, для обогрева и освещения домов, кварталов и городов, для обеспечения работы промышленных предприятий (см. диаграмму 3). Это будет чудесное время, когда мы забудем о теплосетях, которые постоянно выходят из строя и модернизация которых требует огромных денег. Города освободятся от большей части проводов, теряющих энергию. Дом, стоящий в чистом поле, куда не дотягиваются линии электропередач, сможет сам обеспечить себя светом и теплом с помощью стационарной энергетической установки. Настанет эра независимого энергоуществования. Стационарная энергоустановка будет давать не только электричество, но и воду – еще один бесценный ресурс: каждый час от установки мощностью 10 кВт получается около 5 литров чистой воды. В городах, где будет ездить транспорт на водородных топливных элементах, будет чистый воздух. Появятся и миниатюрные топливные элементы, которые позволят нам сделать ноутбуки, мобильники и прочую бытовую технику независимыми от электрической сети. Дожить бы...

«Водородная программа», ее стратегия и тактика, расписаны в НИК НЭП до 2020 года. К 2007 году суммарные инвестиции в проект «Водородная энергетика и топливные элементы» составили почти 400 млн. долларов. До 2015 года будет потрачено еще 500 млн. долларов, до 2020 года – несколько миллиардов долларов. Жизнь, конечно, подкорректирует планы. Но уже в 2009 году «Водородная программа» планирует выйти на россий-



Фотографии предоставлены НИК НЭП

На фотографии сверху – резервная энергоустановка «НИК НЭП – 1» с твердотопливным ТЭ мощностью 1 кВт, внизу – макет водородной топливной заправки, представленный НАВЭ на выставке в Санкт-Петербурге в 2006 г.



Фото А. Киреовой



Директор программы НИК НЭП Владимир Туманов рассказывает о водородной энергетике на научном кафе в Санкт-Петербурге, которое организовали агентство «ИнформНаука», Фонд Д.Б.Зимины «Династия» и НИК НЭП

кий рынок с первыми изделиями. И, что очень важно, компания будет производить все эти устройства для российских потребителей, то есть для нас с вами.

Если наука не подкачает

Однако всем этим планам не суждено сбыться, если наука подкачает. Дает ли она основания для оптимизма? Безусловно. Хотя ей предстоит решить огромное количество проблем. Нужны малоэнергоемкие технологии получения водорода, нужны надежные материалы и устройства для хранения водорода, да и все технологические решения в области альтернативной энергетики дол-

Фотографии предоставлены НИК НЭП



жны идти в ногу с водородным процессом. Одно без другого не живет.

Среди стратегических научных партнеров НИК НЭП – Физико-технический институт имени А.Ф.Иоффе (Санкт-Петербург). Работы по водородной энергетике здесь возглавляет директор института А.Г.Забродский. Исследования по заказу компании выполняют в двух крупных лабораториях. Одной из них, лабораторией полупроводниковой квантовой электроники, руководит доктор физико-математических наук С.А.Гуревич. На уникальной установке, где каждая деталь выточена из нержавеющей стали по чертежам самих физиков, изучают и изготавливают сердце топливного элемента – катализатор.

Напомню, что в водородный топливный элемент поступают водород и воздух, содержащий кислород. Их разделяет тонкая мембрана, покрытая катализатором. Задача этого катализатора – сделать водород и кислород активными. Тогда они будут взаимодействовать, образуя лишь воду, а энергию этого взаимодействия можно преобразовать в электрическую, что и происходит в ТЭ. Это весьма поверхностное описание сути топливного элемента (см. «Химию и жизнь», 2003, № 4; 2004, № 1). Однако принцип ясен. И ясно также, что многое зависит от катализатора, от того, насколько он эффективен и живуч. А катализатор этот – мельчайшие частицы платины.

Эти частицы в лаборатории Гуревича получают, обрабатывая кусочек обычной платины лазерным лучом. И выяснилась удивительная вещь: при такой обработке образуются частицы платины строго определенного размера, диаметром всего два нанометра, состоящие примерно из трех сотен атомов металла (как тут не вспомнить уже навязшие в зубах нанотехнологии...). Эти частицы не кристаллические, а аморфные, то есть в них нарушено правильное, как в обычном металле, расположение атомов. Оказалось, что каталитическая активность таких кластеров чрезвычайно высока – в десять раз выше той, которую американцы планируют достичь лишь к 2010 году. Остается только эти частицы аккуратно и надежно закрепить на мембране. В лаборатории С.А.Гуревича это умеют. А значит, совсем близок тот день, когда эти исследования воплотятся в миниатюрные топливные элементы для, например, мобильных телефонов, которые можно будет купить в магазине. По расчетам физиков, их ТЭ мощностью 2 Вт и размером с аккумулятор мобильного телефона будут в пять раз эффективнее тех, которые используются сейчас.

«Водородная энергетика – это комплекс технологий, который позволяет нам манипулировать энергией», – считает С.А.Гуревич. И этот комплекс может и даже должен включать также и полупроводниковые солнечные элементы, преобразующие энергию света в электричество. В.Д.Румянцев, доктор физико-математических наук, считает, что для получения водорода из воды надо

Стационарная когенерационная энергоустановка с твердополимерными ТЭ "Полимер-5" мощностью 5,2 кВт



Солнечная энергоустановка на крыше одного из корпусов Физико-технического института им. А.Ф.Иоффе

использовать энергию Солнца. А для этого водородную энергетику нужно «скрестить» с солнечной. В лаборатории фотоэлектрических преобразователей, в которой работает В.Д.Румянцев, занимаются разработкой солнечных батарей на основе полупроводниковых наноструктур. (И тут без нано не обошлось...) Высокоэффективные фотопреобразователи для таких батарей выращивают в специальном реакторе. Нам показали эту чудо-машину, занимающую полкомнаты. Сотрудники с нее пылинки сдувают. Еще бы, эта установка стоит почти два миллиона долларов. Ее купил для лаборатории «Норникель». Здесь методом молекулярной эпитаксии делают бутерброд из тончайших пленок полупроводников разного состава – слой за слоем напыляют нужные компоненты. Получаются фотоэлементы на основе гетероструктур с хорошим КПД.

Однако их преобразующую способность можно еще увеличить, если сфокусировать падающий на них рассеянный свет. Это делается с помощью линз Френеля. Сегодня их штампуют из пластика, поэтому они дешевые, и вы наверняка видели их, например – в проекторах. В лаборатории Румянцева линзы совместили с фотоэлементами и получили фотопреобразователи с КПД 40%. Ученые уверены, что в ближайшем будущем «высота» с КПД 50% будет взята. На крыше корпуса, где расположена лаборатория, стоит действующая установка, умеющая поворачиваться за солнцем. Она совсем небольшая и

какая-то домашняя – кажется, и сам можешь такую собрать. В панелях сложены в ряды десятки солнечных элементов, прикрытых линзами Френеля. Эти ряды маленьких прозрачных кубиков, переливающихся на солнце, выглядят куда более дружелюбно и празднично, чем даже самая маленькая ТЭЦ. Решение хорошее, ведь бесплатным солнечным светом мы пока что не обделены. Бери эту энергию и делай с ней что хочешь. По замыслу разработчиков, такие фотоэлементы можно будет использовать для получения водорода электролизом воды, то есть энергию Солнца закачивать в водород – носитель энергии, которым можно будет воспользоваться при необходимости.

Это лишь два примера успешных научных исследований, выполняемых по заказу НИК НЭП. Но не единственных. Водородная программа реализуется по контрактам с более чем 50 лабораториями, институтами и научными центрами. Своим вниманием НИК НЭП охватывает все ключевые компоненты водородных устройств – и катализаторы, и мембраны, и электролизеры, и прочее железо. Работа кипит в разных уголках страны, но в строгом соответствии с календарным планом.

Итак, если наша наука не подкачает, то в скором времени на российском рынке появятся:

- миниатюрные топливные элементы мощностью от одного до нескольких десятков ватт для мобильных устройств, ноутбуков и плееров, работающие не только на водороде, но и на биоэтаноле;

- автономные стационарные энергетические установки размером с холодильник мощностью 5–10 киловатт



для обеспечения электроэнергией и теплом домов, что называется, в чистом поле (кстати, 650 подобных установок уже продано в мире американской компанией Plug Power – зарубежного партнера российского НИК НЭП);

– энергетические установки для аварийного и бесперебойного питания, которые позарез нужны службам МЧС, больницам, полевым госпиталям на случай веерных отключений электричества. Наконец, распределительные энергетические системы мощностью от 200 кВт до 2 МВт;

– накопители энергии – гибридные установки, использующие энергию Солнца, ветра и пр. для получения водорода;

– топливные элементы для автомобилей, которые вместе с водородным баллоном превращают машину в водородный электромобиль.

Как видите, ничего лишнего!

Напоследок

Успех «Водородной программы», начатой «Норильским никелем» и РАН четыре года назад и сегодня реализуемой НИК НЭП, для меня очевиден. Но движение вперед могло быть еще более быстрым, если бы водородной энергетикой столь же заинтересованно занялось государство. Вообще, мировая практика сотрудничества бизнеса и государства в области высоких технологий такова. Государство берет на себя финансирование самой рискованной части проекта – фундаментальных исследований и разработок на лабораторном этапе. С этого все начинается, но здесь же может и ничего не получиться. Как правило, на этом этапе расходуется 20–30% всей сметной стоимости проекта. А остальные 70–80% вкладывает бизнес, подхватывая тепленькую разработку из лаборатории.

Б.Н.Кузык написал в соавторстве с доктором экономических наук Ю.В.Яковцом хорошую книгу «Россия: стратегия перехода к водородной энергетике». В ней дан основательный экономический анализ энергетической отрасли в мире и в России, подробно рассказано, как происходит становление водородной энергетике за рубежом, как уже сейчас формируется рынок топливных элементов и что происходит в России. Но пожалуй, главное в этой книге – это детальнейшим образом расписанная Национальная научно-инновационная программа «Водородная энергетика», в которой государство и бизнес работают рука об руку. Здесь есть все: цели и задачи, бюджет, механизмы реализации, международное сотрудничество и региональный аспект. Есть поэтапное планирование, оценка эффективности и социально-экономических последствий реализации программы. Просто бери готовую программу, утверждай на заседании правительства – и вперед! И деньги от государства требуются не такие уж и большие. По оценкам авторов книги, «всего на реализацию трех этапов программы с 2006

по 2050 год понадобится 17,6 миллиардов долларов (на 45 лет!), причем на федеральный бюджет ложится лишь малая часть расходов – 2,7 млрд. долларов. Для сравнения: по программе развития атомной энергетики намечено выделить из бюджета за тот же период около 25 млрд. долларов, а программа «ГОЭЛРО-2», представленная РАО ЕЭС, рассчитана на 170 млрд. долларов инвестиций». США, Япония, ЕС – все приняли и активно развивают водородные программы. Почему у нас государство тянет с принятием решения – непонятно. Возможно, все упирается в отсутствие закона об интеллектуальной собственности?

Пока партнерство бизнеса с государством на ниве водородной энергетике в России только начинает складываться, и государственные, по сути, задачи приходится решать частной компании – НИК НЭП. За этим стоят не только интересы компании получать в будущем доходы (пока что это только убытки). За этим стоит еще и глубокая убежденность, что другого пути у нас нет. «Направление развития России может быть только одно – в русле высоких технологий, в сторону интеллектуального бизнеса, – считает Б.Н.Кузык. – Перераспределять ренту внутри страны – занятие нехитрое, это задача на сегодня. Наша цель – вывести Россию на перераспределение интеллектуальной ренты в мире».

Ну вот, скажет читатель, всучили нам заказную оплаченную статью про частную компанию. Отвечаю: статью никто не заказывал и не оплачивал. Вообще, мы стараемся писать о том, что интересно нам, создателям журнала. Тогда есть шанс, что это будет интересно и вам, уважаемые читатели. «Норильский никель» и НИК НЭП – первые, кто начал осваивать «Энергию 2.0» в России. Завтра к ним присоединятся другие компании, подключится государство. Работы хватит на всех, и мы обязательно будем рассказывать об этом. А заказных статей мы не публикуем вовсе. Такова наша политика. Рекламные материалы печатаются в разделе «Реклама» и «Информация». Это я говорю вам как главный редактор.

Что можно прочитать про водородную энергетику

Кузык Б.Н., Яковец Ю.В. Россия: стратегия перехода к водородной энергетике. М.: Институт экономических стратегий, 2007. В свободном доступе книга есть на www.kuzyk.ru

Российский химический журнал. Том L (2006), № 6. Проблемы водородной энергетике. Журнал доступен по адресу <http://www.chem.msu.su/rus/jvho/2006-6/welcome.html>

В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

РАДАР СОГРЕЕТ

Ученые из США придумали устройство, которое позволяет собирать рассеянное тепло.

Пресс-секретарь
Lee Siegel,
leesiegel@
ucomm.utah.edu

Вокруг нас много рассеянного тепла. А в некоторых местах его очень много. Например, там, где расположены огромные военные радары или работают мощные энергетические установки. Собрав это тепло и преобразовав его в электроэнергию, можно было бы сэкономить немало топлива. Как это сделать, придумал профессор Орест Симко из Университета штат Юта (США). В основе конструкции лежит термоакустическое преобразование: поступающее в цилиндр-резонатор тепло превращается в звуковую волну. В определенный момент ее параметры становятся такими, что резонатор поглощает чуть ли не 80% падающей энергии. Затем волна действует на пьезокристалл, и тот вырабатывает электричество. Одно из серьезных достоинств устройства — отсутствие движущихся частей.

Свою работу профессор Симко начал в 2005 году, предполагая разработать миниатюрный охладитель для электроники. Теперь на этот проект ему выделили 2 млн. долларов, причем заинтересованность проявило Министерство обороны, которому нужно снижать выбросы тепла от радаров. Скорее всего, эта технология вскоре будет востребована, поскольку подобные генераторы могут питать электричеством микроэлектромеханические устройства.

В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

ПОРА ЛЕТАТЬ НА ВОДОРОДЕ

Ученые из ЕС получили грант в 2,9 млн. евро на разработку водородного самолета.

Virginia Mercouri,
CORDIS,
press@cordis.europa.eu

«**Т**опливные элементы уже достаточно хорошо разработаны, и пора найти им новое применение. Мы считаем, что это — легкий самолет для местных авиалиний», — утверждает руководитель проекта профессор Ромео Джулио из Туринского университета (Италия).

Чтобы сделать самолет на топливных элементах, нужно полностью переделать всю его двигательную часть: вместо обычного двигателя поставить электрический, который и станет вращать моторы полностью электрического самолета.

Основные преимущества такого вида транспорта — отсутствие вредного выхлопа и низкий уровень шума. Последнее особенно важно для местных европейских авиалиний: малошумный самолет сможет взлетать и садиться вблизи любых населенных пунктов и днем, и ночью. Ныне так делать нельзя, поскольку в странах ЕС действуют жесткие нормативы на уровень шума, особенно в ночное время.

Правда, полет на самолете, на борту которого расположен бак с водородом — удовольствие не для слабонервных, ведь этот газ просачивается даже сквозь металл и взрывается, достигнув концентрации гремучей смеси. Поэтому, как рассказывают участники полета на отечественном водородном самолете, в голове постоянно присутствует мысль: сработают ли датчики, которые должны фиксировать утечку водорода из бака?

В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

ИЗОБРЕТЕНИЕ УМНОГО КОЛЕСА

Британские инженеры начинили колесо электромобиля микропроцессорами и заставили его думать.

Пресс-секретарь Lisa Egan,
lisa.egan@port.ac.uk

«**С**овременная электроника позволяет отказаться от старых цепей электромобиля. Если оснастить его небольшим бензиновым двигателем, который станет питать электрогенератор, такой автомобиль проедет на одном галлоне бензина 80–100 миль. Это в два раза больше, чем обычный автомобиль с двигателем внутреннего сгорания.», — считает Крис Ньюман из компании «PML Flightlink», которая совместно с Портсмутским университетом получила финансирование на разработку умного колеса для электромобиля. Недавно они создали гибридный электромобиль, который может ездить со скоростью 240 км/ч. Именно на эту машину предполагается устанавливать умные колеса.

«Обычно, когда колеса попадают на разбитую дорогу, подвеска начинает трястись, а на крутом повороте приходится сбавлять скорость. Вмонтированные в колеса микропроцессоры получают сигналы от электронных систем контроля за сцеплением с дорогой и управления подвеской, так что колесо само решает все эти проблемы, — говорит доктор Дэвид Браун из Портсмутского университета. — В принципе, вполне возможно сделать следующее поколение автомобилей автоматическим, однако кто откажет себе в удовольствии подержаться за баранку? Поэтому при всей автоматизации водителю все-таки надо предоставить полную свободу».



В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

МАТЕРИАЛ ЗАТЯГИВАЕТ РАНЫ

Американские ученые создали материал, который способен залечивать возникающие на его поверхности трещины.

Nancy Sottos,
n-sottos@uiuc.edu

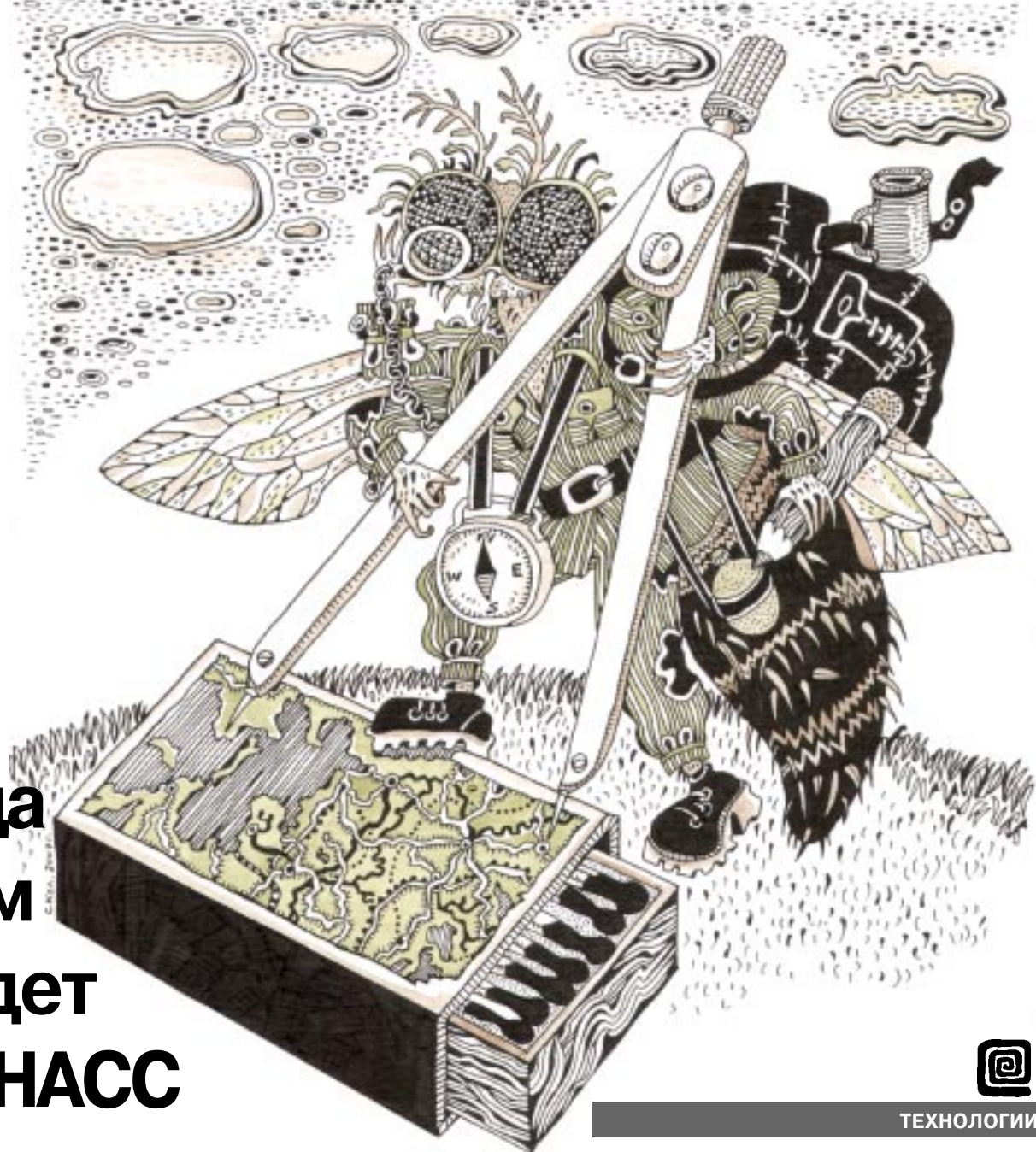
«**Т**очно так же, как из ссадины на коже выступает кровь, которая быстро сворачивается и закрывает рану тромбом, из трещины в разработанном нами материале вытекает быстрозатвердевающая жидкость. Она и залечивает повреждение», — говорит профессор Нэнси Соттос из Иллинойского университета.

Другие самозалечивающиеся материалы делают из композита, в который вмонтированы микрокапсулы с жидкостью и катализатором. При повреждении микрокапсулы разрушаются, и жидкость оттуда вытекает, образуя твердую заплатку. Увы, она вытекает один раз, и повторно повреждение в этом же месте залечить нельзя. Ученые из Иллинойского университета создали материал, в котором жидкость свободно циркулирует и залечивает один и тот же участок много раз.

Технология изготовления такого материала следующая. Сначала делают трехмерный шаблон будущих микроканалов для жидкости. Специальный робот подобно струйному принтеру формирует трехмерную структуру из густых полимерных чернил. Затем этот шаблон заливают эпоксидной смолой. После ее затвердевания готовую деталь нагревают, чернила плавятся и вытекают, освобождая микроканалы. Последний этап — на поверхность наносят слой хрупкой эпоксидки.

Во время испытаний деталь били до тех пор, пока в покрытии не возникла трещина. Как только она достигает какого-нибудь микроканала, оттуда начинала поступать залечивающая жидкость. Взаимодействуя с катализатором, распределенным по телу детали, она быстро твердела. Если трещина снова открывалась, лечение возобновлялось.

Когда к нам придет ГЛОНАСС



ТЕХНОЛОГИИ

Действительный академический советник
Академии инженерных наук РФ
Ю. И. Зайцев

Для того чтобы определить свое место на поверхности Земли, человек издавна смотрел на звезды. Теперь он смотрит на спутники глобальной системы навигации, точнее, принимает сигнал от этих спутников. Чтобы определять все три координаты плюс высоту над уровнем моря, причем делать это в любой точке земного шара, навигационная система должна состоять не менее чем из 24 спутников. 18 спутников позволяют покрывать лишь часть глобуса, например давать круглосуточную навигацию по территории России. Самая совершенная (и, по сути, единственная) на сегодня глобальная система навигации — американская GPS — дает возможность любому путешественнику узнать свои координаты с точностью до метра. Однако скоро ее монопольное положение может быть нарушено...

Приемник для координат

Космические аппараты навигационной спутниковой системы движутся по орбитам с периодом обращения 12 часов и каждую миллисекунду передают на Землю сообщения о своем статусе, текущей дате, времени, а также точное время отправления всей совокупности сообщений. Приемник пользователя на основе этой информации, используя триангуляцию, то есть разбивку окружающего пространства на смежно расположенные треугольники, вычисляет точное местоположение космического аппарата. По сути, приемник сравнивает время, переданное спутником, со временем, когда эта информация была получена. Разница говорит о том, как далеко находится спутник. Измерив расстояние еще до нескольких спутников, приемник вычисляет свое местоположение в земных координатах и отображает его на электронной карте.

Для определения широты и долготы необходимо принять сигналы по крайней мере от трех спутников. Имея в поле зрения четыре космических аппарата, приемник может вычислить еще и высоту над уровнем моря. Как только положение будет определено, система сможет

давать и другую информацию: скорость, курс, расстояние от исходного пункта до места назначения, время восхода и захода Солнца, а также некоторые другие параметры.

GPS

Американская глобальная система позиционирования GPS (Global Positioning System), известная также под названием NAVSTAR (Navigation Satellite Time and Ranging — навигационный спутник измерения времени и координат), появилась в феврале 1978 года. Именно тогда первые ее четыре спутника были запущены на орбиту. Хотя систему создавали для Министерства обороны США, с самого начала планировали ее широкое применение в гражданской сфере. По мысли американских военных, привлечение «цивильных» пользователей должно было сделать систему самокупаемой.

Конечно, приоритет был и остается за военными, и навигационные приемники разрабатывали прежде всего в интересах вооруженных сил США. К концу прошлого века Пентагон приобрел несколько сотен тысяч приемников, почти половина из которых были карманными. Но уже с 1980-х годов началась свободная продажа серийных GPS-приемников для гражданских пользователей. Сегодня свыше сотни частных компаний разрабатывают и делают такие приемники, число типов которых превышает две сотни. Рынок пользователей американской системы стремительно расширяется и захватывает все новые и новые страны. Параллельно GPS-технологии проникают в геофизику, сейсмологию, системы контроля за стабильностью инженерных сооружений, фундаментальную геодезию и прикладные геодезические исследования. Свободный доступ к точной навигационной информации совершенно изменил составление земельных кадастров, разработку геоинформационных систем и сказался на некоторых других сферах человеческой деятельности.

Емкость мирового рынка GPS-технологий и услуг сейчас составляет более 15 млрд. дол. в год. В ближайшие пять лет ожидается его увеличение до 25 млрд. дол., в первую очередь за счет гражданских индивидуальных и корпоративных пользователей. При этом контролировать систему, как и раньше, будут военные. Пока что эта политика себя полностью оправдывает. Например, по данным Министерства торговли США, 5% GPS-приемников используется для решения прикладных задач в авиации, 2% — на морском транспорте, 2% — в вооруженных силах. Остальные задействованы для контроля за движением наземного транспорта, перемещением грузов, в производстве, геодезии и в быту — вплоть до слежения за перемещениями детей и домашних животных. Ежегодно Минобороны США, под эгидой которого функционирует GPS, вносит в государственную казну миллиарды долларов.

Принцип «трех Р» и его последствия

При коммерческом использовании GPS американцы руководствуются принципом «трех Р»: Preservation — сохранение качества услуг, предоставляемых гражданским пользователям за пределами театра военных действий; Protection — защита военной навигации в боевых действиях; Prevention — предотвращение использования GPS вероятным военным противником. «Предотвращение» в данном случае подразумевает возможность выборочного отклонения или искажения спутниковых сигналов на определенных территориях. С этим последним «Р» довелось столкнуться российским авиаторам в Чечне. Вертолетчики, например, заметили, что при выполнении боевых заданий

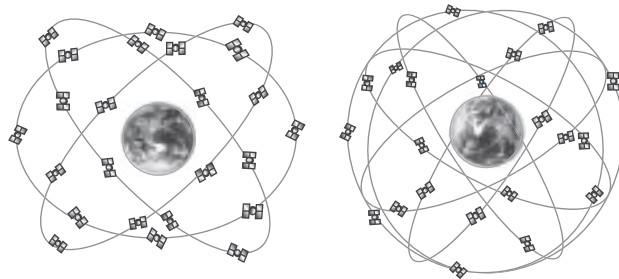
над Терским хребтом навигационные приемники «вдруг» переставали ловить сигналы американских спутников и выключались. И еще одно наблюдение: как только боевые действия против бандформирований становились активнее, тут же возрастала погрешность, выдаваемая «джипиз». «Ошибки» в определении координат порой доходили до 800 м и более, при заявляемой американцами точности в считанные метры. А надо сказать, что точность, даваемая навигационной системой, играет определяющую роль при спутниковом наведении высокоточного оружия.

Впрочем, как оказалось, данные, передаваемые спутниками, может исказить не только владелец навигационной системы. Статистика гласит: в операции «Буря в пустыне» (1991) GPS использовались для наведения 9% высокоточных бомб и ракет, в войне против Югославии (1999) — уже 75% и в очередной, против Ирака (2003), — 90%. Тем не менее американские военные не раз разводили руками, пытаясь понять, почему летали мимо цели их «томагавки». Причина, оказывается, простая: навигационные сигналы можно «глушить» и умное оружие со спутниковым наведением слепнет.

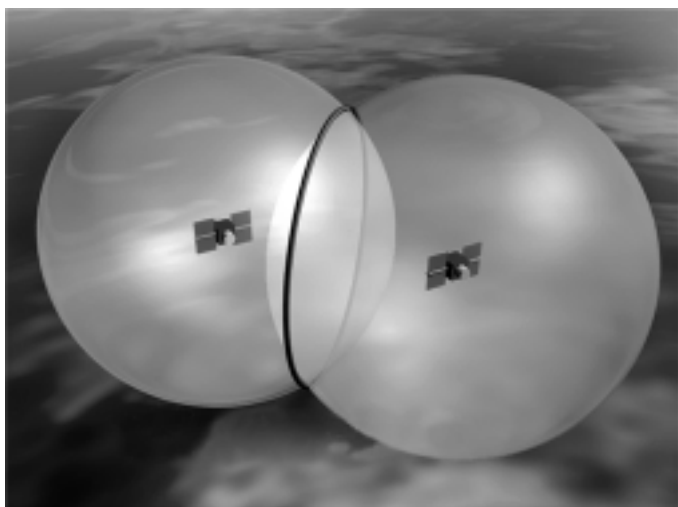
В 1997 году на Международном авиационно-космическом салоне (МАКС-97) в городе Жуковском специалисты отечественного предприятия «Авиаконверсия» продемонстрировали портативные передатчики помех для подавления приемников GPS (jammers). Излучаемые ими сигналы поступают на вход навигационных приемников вместе с сигналами от спутников. В результате приемники прекращают определять текущее местоположение объекта и выдают потребителю последние координаты перед началом помех. Российская разработка вызвала сенсацию в мире и ужас среди военных пользователей. Стало очевидным, что ни одна спутниковая навигационная система не уживется на «чужих» территориях, а технология jammers — наиболее эффективное и экономичное средство противодействия.

Поэтому перед каждой технически развитой страной встала задача: создать собственную систему навигации, чтобы ни от кого не зависеть в столь важном деле, как управление современным оружием. Сегодня помимо США работы по навигационным космическим системам ведут ученые Китая, Индии, Японии. Европейские страны также активно разрабатывают систему «Galileo» — они не хотят полагаться на нечто управляемое из-за океана. Принятая европейцами конфигурация группировки должна покрыть всю территорию планеты и решать навигационные задачи для любых подвижных объектов с точностью до одного метра.

В декабре 2005 года с космодрома Байконур ракета-носитель «Союз-ФГ» вывела первый из двух спутников, предназначенных для испытаний технологий, которые разработаны для европейской системы. Следующий пуск из-за финансовых проблем состоится только в 2009 году, хотя планировалось, что орбитальная группировка будет полностью развернута к 2008 году. Для специалистов с



В отечественной системе ГЛОНАСС 24 спутника будут распределены по трем орбитам (слева), а в американской GPS — по шести (справа)



Алгоритм расчета координат при спутниковой навигации работает примерно так. Если построить вокруг спутника сферу, радиус которой равен расстоянию между ним и приемником, то приемник окажется на этой сфере. Но в какой точке? Чтобы ответить на этот вопрос, нужно взять второй спутник, измерить расстояние до него и построить еще одну сферу. Она пересечется с первой по окружности. Такая же сфера, построенная вокруг третьего спутника, пересечется с этой окружностью в двух точках. Одна из точек и даст координаты приемника



ТЕХНОЛОГИИ

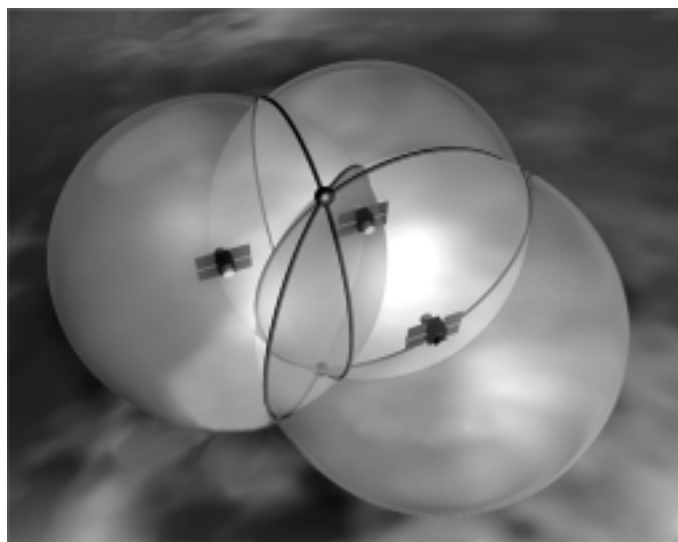
на экваторе спутники проходили через зону видимости в среднем через 1,5 часа. Наконец, из-за того, что в сеансе порой использовался лишь один космический аппарат, для построения схемы триангуляции приходилось ждать, пока он отойдет на значительное расстояние. В итоге измерения могли продолжаться 16 минут.

Мучительное рождение ГЛОНАСС

ГЛОНАСС изначально проектировали свободной от всех недостатков систем-предшественников. Главным требованием для нее стало обеспечение потребителю возможности определения трех пространственных координат (широты, долготы и высоты), вектора скорости и точного времени. Для этого орбитальная группировка должна насчитывать не менее 18 космических аппаратов. В дальнейшем их число решили увеличить до 24, что позволяло бы выбирать из числа видимых спутников четверки, обеспечивающие наивысшую точность.

Летные испытания ГЛОНАСС начались в октябре 1982 года запуском на ракете-носителе «Протон» первого аппарата «Ураган» и двух его габаритно-массовых макетов (ГММ). Работающие спутники пришлось заменять макетами потому, что не была готова электроника, а ракета, которая должна нести расчетную нагрузку, не может вывести один спутник вместо положенных трех. В последующих шести пусках на орбиту выводили по два штатных аппарата и одному ГММ, то есть треть грузоподъемности ракеты-носителя расходовалась впустую. Лишь с восьмого запуска в сентябре 1986 года на орбиту стали выводить по три штатных спутника за раз. К апрелю 1991 года система была готова для ограниченного использования (12 аппаратов в двух плоскостях), и в сентябре 1993 года ее приняли на вооружение в составе 18 спутников. В декабре 1995 года, после 27-го запуска «Протона-К» с тремя «Ураганами», систему наконец развернули в штатной конфигурации из 24 космических аппаратов. И почти сразу она стала потихоньку «сыпаться»: старые спутники, отработав свой гарантийный ресурс, выходили из строя, а на запуск новых не было средств. К декабрю 1998 года последние три спутника перешагнули трехлетний гарантийный срок, и вся орбитальная группировка ГЛОНАСС оказалась загарантированной. Для поддержания ее работы в декабре 1998 года, октябре 2000 года и декабре 2001-го на орбиту вывели еще девять аппаратов. В результате в конце 2001 года в ГЛОНАСС вместо штатных 24 спутников работало всего шесть. Система оказалась столь недееспособной, что к ней не стали привязывать первые мобильные ракетные комплексы «тополь».

В общей сложности с октября 1982 года и до середины 2007 года было запущено 90 космических аппаратов семейства «Ураган». Из них шесть оказались на нерасчетных орбитах и по назначению не работали. Кроме того, в первых семи пусках на ракетах-носителях устанавливалось по одному габаритно-массовому макету. В состав орбитальной группировки входят также два пассивных



самого начала этот срок выглядел достаточно сомнительным. По западным оценкам, стоимость европейской системы составит примерно 4 млрд. евро. По данным из других источников, на ее разработку и развертывание потребуется 10 млрд. — сумма весьма существенная даже для объединенной Европы. Важно отметить, что в отличие от американской GPS и российской ГЛОНАСС (Глобальная навигационная спутниковая система) «Galileo» будет решать исключительно гражданские задачи.

«Циклон», предок ГЛОНАСС

ГЛОНАСС представляет собой второе поколение спутниковых навигационных систем, созданных в СССР и РФ. Систему первого поколения — навигационно-связную «Циклон-Б» на базе спутников «Парус» — Советская армия приняла на вооружение в 1976 году. Ее использовали только в интересах Министерства обороны. Спустя два года в эксплуатацию была сдана радионавигационная система «Цикада» в составе четырех аппаратов, предназначенная главным образом для навигации морских судов. Погрешность определения координат у этих систем была 80—100 метров, что мало соответствовало запросам потенциальных потребителей, нуждавшихся в высокоточной привязке своего положения.

Другим недостатком первых отечественных навигационных систем было отсутствие глобальности. Например,

аппарата «Эталон», которые предназначены для уточнения моделей орбитального движения спутников системы. На них нет аппаратуры, которую можно использовать для навигации.

Закон против ГЛОНАСС

По оценкам, сделанным в 1997 году, на развертывание ГЛОНАСС было потрачено почти 2,5 млрд. дол., при этом ее практически так и не использовали. С самого начала систему создавали исключительно для военных целей. И только по мере изучения опыта работы GPS в США встал вопрос о гражданском применении российской системы. К сожалению, его решение свелось не к развертыванию массового производства приемной навигационной аппаратуры, а к бесконечным совещаниям в правительстве и слушаниям в Думе о «национальном достоянии России — Глобальной навигационной системе». Даже после объявления ГЛОНАСС системой двойного назначения мало что изменилось. По-прежнему разработкой наземной навигационной и геодезической аппаратуры занимался лишь ограниченный круг предприятий военно-промышленного комплекса. Они не смогли обеспечить серийный выпуск надежной и конкурентоспособной наземной аппаратуры не только для гражданских, но и для военных пользователей. Совершенно недостаточной была и поддержка научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по развитию ГЛОНАСС-технологий со стороны «хозяев» системы — Министерства обороны и Росавиакосмоса. В результате российский рынок стали заполнять наземные приемники конкурирующей американской GPS.

Значительный урон нанесло ГЛОНАСС и действовавшее в России законодательство, согласно которому разработка, приобретение и использование наземной аппаратуры ГЛОНАСС и GPS без специального разрешения были запрещены, а рядовой гражданин получить такое разрешение не мог: данные о координатах наземных объектов на территории РФ точнее 30 м считались секретными. Все это лишило ГЛОНАСС поддержки со стороны гражданских потребителей. Бремя финансирования системы целиком легло на военное ведомство, которое при резком сокращении бюджета не смогло поддерживать в необходимом составе орбитальную группировку.

ГЛОНАСС сегодня и завтра

Возможно, ГЛОНАСС совсем умерла бы, но Россия договорилась с США о совместном использовании национальных навигационных систем. Дополняя одна другую, они могут вместе давать более точную навигационную информацию, чем каждая по отдельности. Да и Европейский союз, планируя создание «Galileo», для повышения точности измерений намерен использовать данные от американских и российских спутников. Видимо, эти международные программы и не дали российскому правительственному и космическому руководству совсем забыть об отечественной навигационной системе: развитию, а по существу, ее воссозданию, в 2001 году был придан статус национальной программы. Она предусматривала разработку и испытания космических аппаратов нового поколения со сроком службы 7 лет («Ураган-М») и затем 10–12 лет («Ураган-К»), а также модернизацию наземного комплекса управления системой.

В 2003 году был изготовлен и запущен первый модернизированный «Ураган-М». Эксплуатация этих аппаратов рассчитана на период 2003–2015 годов. Всего предполагается запустить 16 спутников. Гражданским пользователям они обеспечат значительное улучшение точности определения координат, поскольку транслируемые ими

сигналы с кодом стандартной точности передаются помимо основного частотного диапазона и на так называемой второй навигационной частоте. Аналогичный шаг предприняли и США на своем модернизированном спутнике GPS. Причем первый такой американский аппарат стартовал на два года позже «Урагана-М».

В 2009–2010 годах планируется начать запуски спутников «Ураган-К», которые разрабатывают на базе новой негерметичной платформы «Экспресс—1000». У этих аппаратов будет еще один (третий) гражданский канал. В составе его сигнала станет передаваться информация о целостности навигационной системы и дифференциальные коррекции к эфемеридам и часам, что обеспечит точность глобальной навигации лучше 1 м (региональной — лучше 5 см) в реальном времени для мобильных потребителей.

В качестве дополнительной полезной нагрузки на «Ураган-К» предполагается устанавливать аппаратуру системы поиска и спасения КОСПАС/SARSAT.

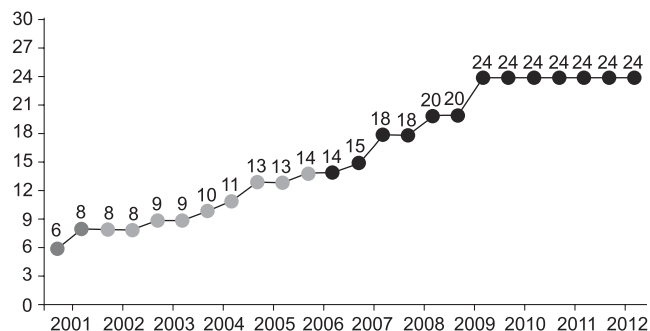
Вес «Урагана-К» примерно в два раза меньше, чем у «Урагана-М». Значит, запускать его удастся не тяжелым и дорогим «Протоном», а новой ракетой-носителем среднего класса «Союз-2», причем сразу по два спутника в одном пуске, в том числе и с российского космодрома в Плесецке. Всего предполагается вывести на орбиту до 27 таких аппаратов, которые станут работать примерно до 2025 года.

Задачи на сегодня

Надо заметить, что до этого ни одна космическая программа России не удостоивалась такого внимания руководства страны. Даже участие в создании Международной космической станции и полеты к ней российских пилотируемых кораблей входят лишь составной частью в Федеральную космическую программу.

Объем финансирования ФЦП «Глобальная навигационная спутниковая система» на 2002–2011 годы был запланирован в сумме 23 млрд. руб., в том числе 12 млрд. руб. (51,8%) из госбюджета, а остальные — из привлеченных внебюджетных средств. В июле 2006 года Роскосмос и Министерство обороны представили правительству проект изменений в программе на период 2007–2011 годов. Стоимость программы в целом утроилась и составила 70 с лишним млрд. руб. На 2007 год было запрошено и получено почти 10 млрд. руб. — в два с лишним раза больше, чем в 2006 году. Ожидаемое внебюджетное финансирование в этом году должно составить 1,9 млрд. руб.

Самое важное сейчас — восстановить орбитальную группировку, но если решать эту задачу в отрыве от массового производства аппаратуры потребителей, то огромные затраты на создание и запуск новых космических



Число работоспособных спутников системы ГЛОНАСС на околоземных орбитах

аппаратов, как и ранее, оставались бы бессмысленными. Поэтому были сняты все ограничения на разработку, изготовление, приобретение и использование на территории России наземной приемной навигационной аппаратуры пользователя. Привлечение гражданских индивидуальных и корпоративных пользователей навигационных услуг ГЛОНАСС, причем не только в России, но и из других стран, дает возможность значительно расширить клиентскую базу, а значит, и увеличить источники финансирования российской системы. При этом ГЛОНАСС должна стать доступной не только для субъектов экономики, но и прежде всего для рядовых граждан. То есть пойти по тому же пути, что GPS.

В 2005 году и особенно в 2006-м появилось много решений, связанных с ускорением работы по ГЛОНАСС. Президент РФ В.В.Путин потребовал, чтобы орбитальная группировка из 18 космических аппаратов, обеспечивающих непрерывное оказание навигационных услуг на территории России, была создана до начала 2008 года. К 2009 году (вместо 2011-го, как планировалось ранее) орбитальная группировка должна достичь численности 24 аппарата, с тем чтобы обеспечить постоянную навигацию по всему земному шару. Модернизация наземного комплекса управления должна закончиться в 2011 году. В этом случае по точности и надежности ГЛОНАСС выйдет на уровень GPS и будет соответствовать заявленным характеристикам европейской «Galileo». Президент поручил обеспечить массовое производство навигационной аппаратуры для конечных пользователей и развитие массового рынка навигационных услуг.

В ноябре 2006 года на совещании у В.В.Путина первый вице-премьер С.Б.Иванов заявил, что с 1 января 2007 года Генштаб снимает все ограничения на точность определения координат, «чтобы вся система ГЛОНАСС начала работать на развитие экономики и транспорта». Иванов также сообщил: «На сегодняшний день на орбите находятся 14 космических аппаратов. Таким образом, осталось запустить к концу 2007-го — четыре и к 2009 году — 10 аппаратов».

К сожалению, это не совсем верно. Самый старый из действовавших в системе на конец 2006 года аппаратов (с трехлетним сроком активного существования) отработал к тому времени уже два полных срока своего ресурса, а самый молодой — год. К концу 2008 года все старые аппараты будут иметь полное право перестать работать. Поэтому до конца 2009 года необходимо запустить не 10, а 17 спутников, которые присоединятся к четырем работающим в системе (их четыре, считая три выведенных на орбиту в декабре 2006 года) модернизированным аппаратам «Ураган-М». Запуск шести спутников запланирован на 2007 год. Остальные — в последующие два года, что представляется достаточно трудноосуществимым. Кроме того, запустить аппараты в космос — только часть задачи: их нужно еще и включить в работу, а на это уходит много времени («рекорд» — восемь месяцев). Но даже если ГЛОНАСС укомплектуют 24 спутниками, можно ли будет использовать ее в глобальном масштабе?

В GPS, как и в ГЛОНАСС, 24 штатных спутника, но есть еще и пять резервных. В перспективе в американской системе число рабочих аппаратов планируется довести до 48 плюс несколько резервных. В российской резервных аппаратов не предусмотрено. При этом часть спутников регулярно выводятся на плановое и внеплановое обслуживание. Фактически с 1995 года, когда ГЛОНАСС была впервые развернута до штатной численности, она ни одного дня не функционировала в полном составе, а значит, ни о какой глобальности речи быть не может.

Другая проблема: при численности в 24 аппарата для наземного наблюдателя один из спутников будет нахо-



ТЕХНОЛОГИИ

диться над самым горизонтом и может быть недоступен для навигации. При 18 спутниках ГЛОНАСС обеспечит работу только экипажей кораблей в открытом море и самолетов в небе. Для большинства других пользователей ожидание может составить до двух часов и более.

Как следствие, рынок навигационного сервиса в России сегодня практически полностью принадлежит американской GPS, и вряд ли ситуация изменится в ближайšie 5—10 лет. По заявлению министра транспорта И.Е.Левитина, только около 1200 летательных аппаратов российских авиакомпаний из 5000 оснащены навигационной аппаратурой. При этом 92% ее замкнуты на GPS и лишь 8% — на ГЛОНАСС.

Конечно, государство может ввести ограничения на ввоз и продажу устройств с поддержкой GPS. С таким предложением выступило, в частности, Министерство промышленности. Однако зарубежные изготовители и поставщики всегда найдут способ обойти эти запреты. Да и регулировать рынок при помощи ограничений было бы ошибкой.

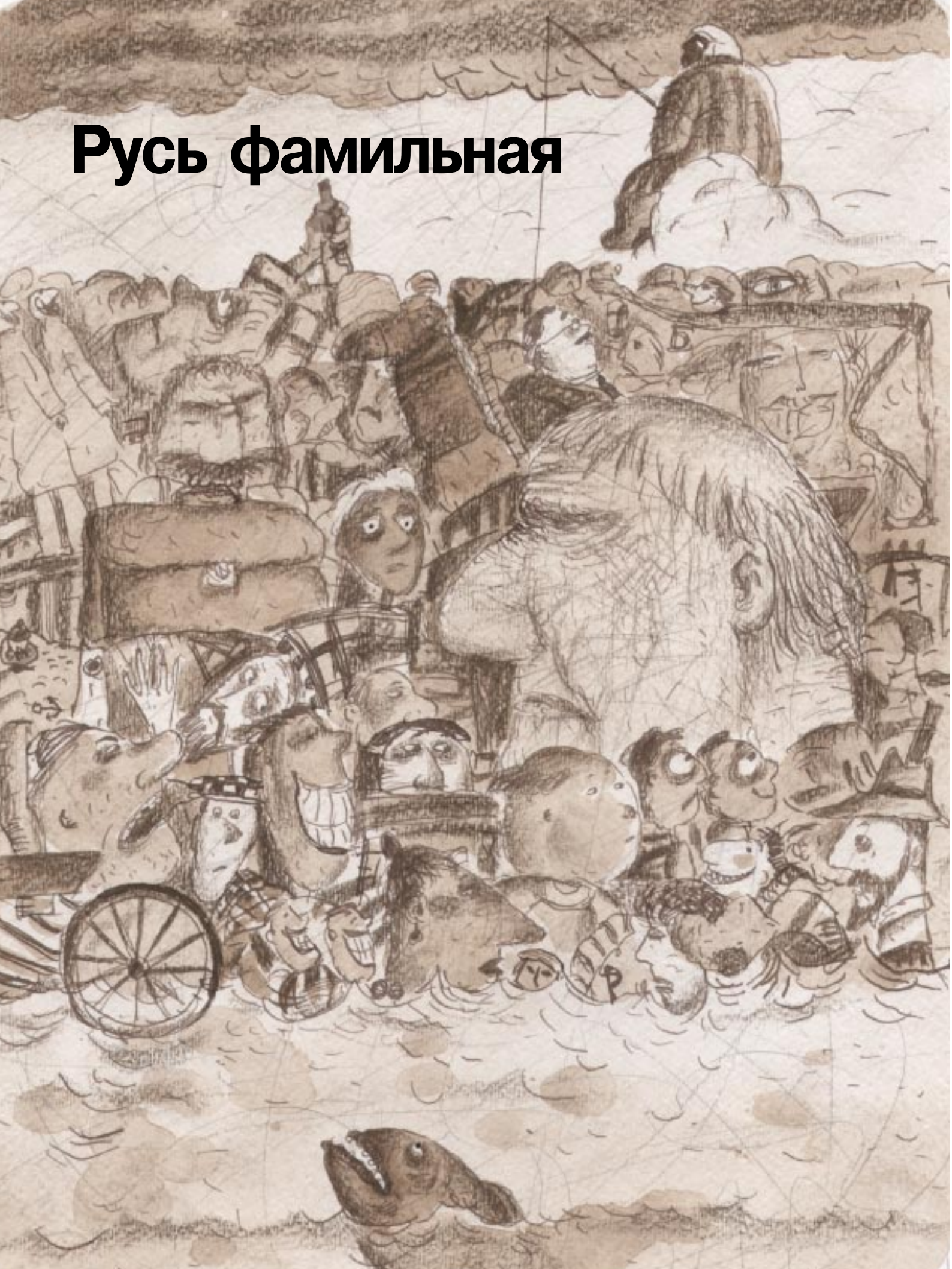
Развитие отечественной навигационной системы сегодня курирует первый вице-премьер С.Б.Иванов. Ею же занимаются Космические войска и Роскосмос. При этом, как справедливо заметил В.В.Путин, никто конкретно не отвечает за конечные результаты и, в частности, за наземный сегмент системы, а выпуск пользовательской аппаратуры в необходимом количестве так и не налажен. Как поясняет командующий Космическими войсками России генерал-полковник В.А.Поповкин, к концу 2009 года может быть развернута только орбитальная составляющая системы, но не ее наземный сегмент и не производство пользовательских терминалов.

Ситуация очень напоминает историю системы поиска и спасения КОСПАС/SARSAT. Эта система была создана по инициативе и при активном участии Советского Союза. Ее космический сегмент развернули в полном составе еще в 1995 году, а вот оснащение потребителей аппаратурой пустили на самотек. В настоящее время в мире используется приблизительно 700 тысяч аварийных радиобуев. В России же счет количества воздушных судов, оснащенных ими, идет на десятки и лишь в последние годы — на сотни. Как и раньше, где-то в тайге или тундре падает самолет, и его не могут найти месяцами.

Необходимо смириться с мыслью, что ГЛОНАСС может быть полностью введена в эксплуатацию не ранее 2010—2011 годов, а разговоры о 18 спутниках вообще следует прекратить: в России сегодня такая «усеченная» группировка почти никому не нужна. Правильнее было бы не форсировать события, а сначала развернуть наземную составляющую системы, усовершенствовать «борт» и уже после этого наращивать орбитальную группировку аппаратами с увеличенным ресурсом работы.



Русь фамильная





Любители истории часто сетуют, что у нас осталось мало письменных свидетельств о давно минувших днях. Но помимо летописей есть и другие исторические источники. Один из них — генетика. Гены сохраняются тысячелетиями и хранят информацию о тех, кто нам их передал. Люди не сидят на месте, и вместе с ними переселяются гены. Изменчивость генофонда в пространстве изучает геногеография. Ее основатель Александр Сергеевич Серебровский настаивал на том, что геногеография — наука историческая, а не биологическая. Исследуя современное состояние генофонда, можно многое узнать о возникновении народов и центрах их происхождения. Прошлое генофонда важнее всего, ибо оно определяет и настоящее, и будущее.

Чтобы исследовать генофонд, надо получить образцы ДНК. Ее выделяют из крови, которую приходится брать у множества людей, живущих на обширной территории, затем из всех образцов ДНК выделяют и анализируют последовательности определенных генов. Когда экспериментальных данных наберется достаточно, они подлежат статистической обработке. Чем больше объем выполненной работы, тем более точную картину она дает и тем больше времени занимает. А кроме времени, молекулярно-генетическое исследование генофонда требует дорогостоящего оборудования и множества реактивов, тоже недешевых.

К счастью, есть маркеры, которые позволяют осуществить более масштабное исследование при гораздо меньших затратах. Это фамилии. Если считать, что фамилия наследуется от отца к сыну и далее в поколениях (что, как правило, совершенно справедливо), и если знать частоты фамилий в популяциях (а собрать такие сведения вполне реально), то эти частоты можно рассматривать как частоты аллелей одного гена и применить к фамилиям все обычные методы популяционной генетики.

Методику использования фамилий в качестве аналога генетических маркеров предложили Дж.Ф. Кроу и А.П. Мэндж еще в 1965 году. С тех пор фамилии для изучения генофонда широко применяли и зарубежные, и отечественные генетики — Ю.Г. Рычков, А.А. Ревазов, Е.К. Гинтер, их последователи и ученики. Оказалось, что у разных народов генетическое и «фамильное» разнообразие очень близко друг к другу, поэтому фамилии — маркер вполне адекватный.

В настоящее время сбором и геногеографическим анализом русских фамилий активно занимаются в лаборатории популяционной генетики человека ГУ Медико-генетического научного центра РАМН. В первую очередь нас интересует история формирования русского генофонда, и поэтому мы исследовали распространение десятков тысяч русских фамилий. Хотя эта уникальная работа еще не завершена — учитывая огромную площадь ареала, нужны многие годы для кропотливого сбора данных, — некоторые итоги можно подвести и сейчас. И в этой статье рассказано лишь о небольшом кусочке огромной работы.

Каждой фамилии — свое место

Работая с ДНК, ученый не может исследовать генотип каждого гражданина и вынужден ограничиться некоторой выборкой — сравнительно небольшой группой граждан, а потом мучиться сомнениями, отражает ли она истинное положение дел. Что касается фамилий, то они уже заботливо собраны чиновниками в списки, и это значительно облегчает работу: от выборок можно отказаться и исследовать всю популяцию поголовно. Но с чего-то нужно начать. С чего же?

Поскольку нас интересует прошлое русского генофонда, исследовать надо фамилии коренных жителей «исконного» русского ареала, то есть территории, на которой происходило формирование русского народа: Центральной России и Русского Севера. В этом ареале мы наметили восемь областей, сгруппированных в пять регионов: Северный (Архангельская область), Восточный (Костромская область), Центральный (Кашинский район Тверской области), Западный (Смоленская область) и Южный (Белгородская, Курская и Воронежская области). В каждой области выбрали несколько сельских районов и исследовали фамилии всех их совершеннолетних жителей. Выбранные районы расположены в среднем в 1000 км друг от друга и как сеть накрывают всю территорию. Мы учли фамилии почти миллиона сельских жителей и обнаружили 67 тысяч разных фамилий. Таким количеством аллелей не обладает ни один ген. Но нужно ли анализировать все фамилии? Это зависит от того, все ли они «коренные».

В наше беспокойное время мигрантов можно встретить даже в селах и маленьких городах, а их фамилии, попав в анализ, исказят историческую картину. Поэтому для исследования генофонда коренного населения надо удалить из полученно-



Восемь областей, в которых паспортные фамилии изучались с точки зрения генетики

го списка все фамилии, занесенные в «исконный» ареал мигрантами. Но списки фамилий, с которыми работают генетики, не содержат никакой другой информации, кроме самой фамилии и того места, где она сейчас находится. Поэтому, чтобы исключить «залетные» фамилии, мы выбрали только те из них, которые носят по крайней мере четыре человека в изучаемом районе, например двое родителей и двое их взрослых детей, то есть фамилии, которые уже исторически не случайны и с высокой вероятностью сохранятся в грядущих поколениях. После такого отбора количество фамилий сократилось до 14 428, то есть от исходного списка фамилий осталась примерно четверть, зато эти фамилии носит большая часть переписанного населения (примерно 700 тысяч чело-

Двадцать наиболее частых фамилий для каждого из пяти основных регионов

Восточный регион		Центральный регион		Западный регион		Северный регион		Южный регион	
Частые фамилии	Балл	Частые фамилии	Балл	Частые фамилии	Балл	Частые фамилии	Балл	Частые фамилии	Балл
Смирнов	1	Смирнов	1	Иванов	2	Попов	5	Попов	5
Лебедев	6	Иванов	2	Новиков	8	Хромцов	22	Гончаров	66
Кузнецов	3	Соколов	4	Козлов	7	Булыгин	35	Шевченко	140
Соколов	4	Кузнецов	3	Васильев	13	Богданов	19	Ковалев	32
Виноградов	18	Лебедев	6	Петров	12	Кузнецов	3	Иванов	2
Иванов	2	Козлов	7	Смирнов	1	Поташев	79	Новиков	8
Попов	5	Волков	11	Федоров	28	Рябов	57	Колесников	115
Румянцев	20	Морозов	9	Соловьев	10	Дорофеев	69	Бондаренко	212
Соловьев	10	Куликов	37	Павлов	15	Ильин	26	Ткаченко	195
Голубев	16	Голубев	16	Михайлов	30	Сауков	90	Кузнецов	3
Скрябин	82	Петров	12	Ковалев	32	Лазарев	58	Шаповалов	208
Чистяков	39	Соловьев	10	Зайцев	14	Кузьмин	31	Черкашин	260
Тихомиров	51	Белов	27	Семенов	17	Новиков	8	Литвинов	251
Морозов	9	Зайцев	14	Волков	11	Черноусов	94	Бондарев	176
Кудрявцев	29	Воробьев	21	Романов	45	Бобрецов	106	Кравченко	234
Веселов	76	Баранов	42	Григорьев	70	Семенов	17	Захаров	53
Зайцев	14	Гусев	34	Кузнецов	3	Порохин	110	Морозов	9
Козлов	7	Киселев	40	Андреев	38	Пономарев	52	Медведев	59
Беляев	24	Новиков	8	Степанов	55	Тарасов	25	Головин	244
Герасимов	49	Румянцев	20	Николаев	67	Морозов	9	Черных	346
$I_p_5 / I_{p_{10}} / I_{p_{20}}$	6/9/23	$I_{p_5} / I_{p_{10}} / I_{p_{20}}$	3/10/16	$I_{p_5} / I_{p_{10}} / I_{p_{20}}$	8/13/24	$I_{p_5} / I_{p_{10}} / I_{p_{20}}$	17/40/46	$I_{p_5} / I_{p_{10}} / I_{p_{20}}$	49/78/131

Примечания: Балл — порядковый номер фамилии в общем списке русских фамилий.

Обозначения: I_p — индекс места: I_{p_5} — по пяти самым частым фамилиям; $I_{p_{10}}$ — по 10 фамилиям; $I_{p_{20}}$ — по 20 фамилиям.

По нашим данным, Брежневцы занимают в списке коренных фамилий 3767-е место. Путины очень редки — на 14 250-м месте. Ельцины в этом списке вообще не значатся. Хрущевы (4248-е место) чуть-чуть обогнали Черненко (4749-е место) и практически в два раза превышают Андроповых (8939-е место). Ну, а Горбачевы оказались лидерами политической гонки фамилий — они заняли 158-е место в списке общерусских фамилий.

век из миллиона). Именно эти коренные фамилии заменяют генетические маркеры в наших популяционных исследованиях. Они и ведут себя подобно аллелям гена.

Во-первых, фамилии заметно различаются по частоте. Так, примерно один из ста жителей основного русского ареала — Кузнецов, каждый семьдесят пятый — Иванов, а Смирнов — почти каждый пятидесятый. Другие же фамилии столь редки, что во всем русском ареале удалось найти лишь считанных носителей. Во-вторых, фамилии неравномерно распределены по территории ареала: где густо, а где и совсем ничего. Ученые составили общий список всех фамилий, расположенных в порядке убывания частот. Такие же списки составили для каждого из пяти регионов. Региональные списки отличаются друг от друга и набором фамилий, и порядком их расположения.

Когда каждая фамилия обрела свое место в списках, общерусском и хотя бы одном региональном, а также на географической карте, стало можно приступать собственно к изучению фамильной географии и сравнению регионов (не зря же их выделяли). Для наглядности (и «обозримости») сна-

чала можно рассмотреть не все фамилии, а только самые частые в общем списке и их «индекс места» (I_p — Index place). Что это такое?

Каждая фамилия в общем списке имеет порядковый номер, или балл: самой частой фамилии присвоен номер 1, десятой — 10, сотой — 100 и так далее. В региональных списках фамилии расположены не в том порядке, как в общем списке, но сохраняют тот же балл. Тот же балл фамилии имеют и в региональных списках. Сумма баллов самых частых фамилий региона, деленная на число суммированных фамилий, и есть «индекс места». Чем ближе индекс места к общерусскому, тем ближе регион к общему порядку русских фамилий, тем менее он своеобразен. Для каждого региона рассмотрели три варианта индекса: I_{p_5} , $I_{p_{10}}$ и $I_{p_{20}}$ — по пяти, десяти и двадцати самым частым фамилиям.

Например, у нас есть список фамилий Западного региона, расположенных по убыванию частоты. Насколько он близок общерусскому? Пять самых частых «западных» фамилий — Иванов, Новиков, Козлов, Васильев, Петров. А в общерусском списке Иванов занимает второе место, прочие фамилии соответственно восьмое, седьмое, тринадцатое и двенадцатое. Чтобы рассчитать индекс места по пяти фамилиям, усредним эти величины: $(2+8+7+13+12):5=8,4$. Для общерусского списка I_{p_5} равен трем: $(1+2+3+4+5):5$. А теперь по индексу места Западный регион можно легко сравнить и с любыми другими регионами, и с «исконным» русским ареалом. Читатель может сделать это самостоятельно, воспользовавшись приведенной таблицей.

По индексу места три региона средней полосы (Восточный, Западный и Центральный) близки к спектру общерусских фамилий, а Северный и Южный значительно от него отличаются. Это значит, что, двигаясь с запада на восток, мы наблюдаем гораздо меньшие генетические различия, чем двигаясь с севера на юг (или с юга на север). Стало быть, «исконный» русский ареал у нас полосатенький, и в нем мож-

Классы фамилий	Средняя позиция в «топ-50» общих фамилий	Доля фамилий данного класса в «топ-50» общих фамилий
«Приметные»	17-е место	10%
Профессиональные	21-е место	8%
«Зверинные»	22-е место	32%
Иные	29-е место	6%
Календарные	31-е место	44%

Из этой таблицы следует, что класс календарных фамилий — самый обширный, но календарные фамилии не самые частые. Лидируют в списке приметные и профессиональные фамилии: Смирнов, Кузнецов, Попов...

