ЭС ВПК

Доклад Экспертного совета

Коллегии Военно-промышленной комиссии РФ

Национальные приоритеты в технологической сфере

Новосибирск 2015

Список экспертов, опрошенных в ходе подготовки доклада

1. **Авдеев Виктор Васильевич** — заведующий кафедрой химической технологии и новых материалов химфака МГУ им. М.В. Ломоносова, генеральный директор НПО «Унихимтек», генеральный директор Института новых углеродных материалов и технологий.
2. **Агамирзян Игорь Рубенович** — генеральный директор Российской венчурной компании.
3. **Асеев Александр Леонидович** — академик РАН, вице-президент РАН, председатель Сибирского отделения РАН.
4. **Богоявленский Василий Игоревич** — член-корреспондент РАН, заместитель директора по научной работе Института проблем нефти и газа РАН.
5. **Быков Виктор Александрович** — генеральный директор ЗАО «Нанотехнология МДТ».
6. **Григорьев Андрей Иванович** — генеральный директор Фонда перспективных исследований.
7. **Жаворонков Александр Александрович** — генеральный директор компании Insilico Medicine, руководитель лаборатории биоинформатики Федерального научно-клинического центра детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дм. Рогачева.
8. **Золотухин Анатолий Борисович** — научный руководитель Института арктических нефтегазовых технологий РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина.
9. **Иванова Наталья Ивановна** — академик РАН, заместитель директора Института мировой экономики и международных отношений (ИМЭМО) РАН.
10. **Исаев Артур Александрович** — генеральный директор Института стволовых клеток человека (ИСКЧ).
11. **Каблов Евгений Николаевич** — академик РАН, генеральный директор Всероссийского института авиационных материалов (ВИАМ).
12. **Карачинский Анатолий Михайлович** — президент IBS Group.
13. **Кокошин Андрей Афанасьевич** — академик РАН, декан факультета международной политики МГУ, научный руководитель ИМИ НИУ ВШЭ.
14. **Колесников Андрей Вячеславович** — директор координационного центра национального домена сети интернет.
15. **Копылов Анатолий Евгеньевич** — председатель совета Российской ветроэнергетической ассоциации, генеральный директор консалтинговой компании.
16. **Каминский Дмитрий** — директор фонда Deep Knowledge Ventures.
17. **Максимов Антон Львович** — профессор кафедры химии нефти и органического катализа МГУ, заместитель директора ИНХС РАН.
18. **Опанасенко Всеволод Юрьевич** — генеральный директор компании «Т-Платформы».
19. **Петреня Юрий Кириллович** — член-корреспондент РАН, технический директор ОАО «Силовые машины».
20. **Псахье Сергей Григорьевич** — член-корреспондент Российской академии наук, директор Института физики прочности и материаловедения СО РАН.
21. **Рудаков Константин Владимирович** — член-корреспондент РАН, заведующий отделом вычислительных методов прогнозирования вычислительного центра имени А.А. Дородницына Российской академии наук, заведующий кафедрой «Интеллектуальные системы» Московского физико-технического института.
22. **Северинов Константин Викторович** — заведующий лабораторией регуляции экспрессии генов элементов прокариот Института молекулярной генетики РАН, заведующий лабораторией молекулярной генетики микроорганизмов Института биологии гена РАН, профессор Университета Ратгерса (США).
23. **Федорович Евгений Данилович** — профессор Санкт-Петербургского государственного политехнического университета
24. **Фурсенко Андрей Александрович** — помощник президента РФ
25. **Хаджиев Саламбек Наибович** — академик РАН, директор Института нефтехимического синтеза имени А.В. Топчиева РАН.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 4
Национальные приоритеты для НТП 6
Рациональное природопользование: нефть и газ 9
Энергетика и энергомашиностроение 14
Новые материалы 19
Биотехнологии и медицина 23
Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) 26
Кто виноват и что делать? 30
Приложение 35

ВВЕДЕНИЕ

Россия находится в острой фазе своей технологической и инновационной истории. Падение цен на углеводороды, объявленные и необъявленные санкции, вопросы технологической безопасности вынуждают государство и бизнес по-новому взглянуть на, казалось бы, приевшиеся уже темы диверсификации экономики, импортозамещения, роста несырьевого экспортного потенциала и технологических приоритетов.

В части последних наиболее актуальным становится правильно спрогнозировать мировую ситуацию с развитием науки и техники, понять место России на глобальной технологической карте, составить перечень наиболее важных вызовов и угроз для страны и определить пути борьбы с ними.

В настоящее время в стране имеется «Прогноз научно-технологического развития на долгосрочную перспективу (до 2030 года)», утвержденный правительством совсем недавно — в январе 2014 года. Он охватывает практически весь спектр научных исследований. В дополнение реализуется проект Национальной технологической инициативы, призванный выявить наиболее перспективные рынки и пересекающиеся с ними технологические тренды примерно в этом же временном горизонте. На подходе формулировка национальных вытягивающих проектов, задача которых запустить в более короткой перспективе модернизацию нескольких отраслей на основе современных, может быть, даже прорывных технологий. Короче говоря, мы всерьез задумались о своем технологическом будущем и в этом, наконец, перенимаем похвальную практику развитых стран — планомерно работать над изучением будущего и влиянием на него.

В связи с этим представляется уместным дополнить отечественную методологическую палитру прогнозирования еще одним инструментом, широко распространенным в развитых, а в последнее время набирающим популярность и в развивающихся странах — методом «прогноза гениев» (подробнее см. Приложение к настоящему докладу). Речь идет о том, чтобы дополнить массовые опросы и брейнстормы сотен специалистов экспертизой более высокого уровня, основанной на мнениях небольшого числа ведущих экспертов в своих областях знаний, включая как теоретиков, так и практиков, способных к междисциплинарному видению. Предполагается, что такие специалисты могут на основе своего опыта и интуиции улавливать «слабые сигналы», видеть ростки будущего, недоступные взгляду усредненного профессионала, а, главное, понимать, как в сложившихся условиях это будущее реализовать.

Данный метод не ставит целью описать весь спектр развития технологий и рынков, не претендует на составление документов государственного уровня. Его задача — сформулировать коллективное мнение признанных авторитетов по наиболее важным вызовам и угрозам для страны и общества и наметить возможные варианты ответа на них. В отличие от, скажем, американских прогнозов гениев, претендующих на то, чтобы взять ответственность за человечество в целом, в нашем взгляде на НТП превалирует страновая, национальная оптика. Поэтому мы начинаем с перечня национальных приоритетов, сформулированных нашими квалифицированными собеседниками, затем переходим к обзору глобальных отраслевых технологических трендов с точки зрения наших интересов и заканчиваем описанием

организационно-управленческих барьеров, которые необходимо преодолеть, чтобы решить национальные задачи и не остаться на задворках мирового НТП. В частности, оказывается, что с учетом национальных приоритетов среднетехнологичные отрасли являются не менее важными, чем пресловутый хай-тек.

Для проведения такого анализа у 25 авторитетных специалистов в разных областях знания и видов деятельности были взяты интервью (см. Список экспертов). Мы старались опросить как ведущих российских ученых, так и людей, причастных к формированию государственной технологической политики, а также предпринимателей. В тексте доклада приведено большое число цитат, принадлежащих опрошенным респондентам, однако мы не стали указывать автора каждого конкретного высказывания, поскольку фактически весь текст является результатом обобщения интервью с ними. Нам бы хотелось, чтобы читатель воспринял весь доклад как одно коллективное высказывание.

Национальных приоритетов, отражающих особенности развития и ключевые проблемы России, в докладе представлено пять:

– освоение территорий и пространств;
– обеспечение достойных базовых стандартов жизни;
– здоровье нации;
– комплексная безопасность;
– промышленный суверенитет.

Формулировка приоритетов позволяет выделить из всего многообразия технологических трендов те, которые помогут решить конкретные национальные проблемы.

Среди направлений технологического развития мы выделили те, которые имеют набольшее значение для решения проблем России:

– рациональное природопользование (с акцентом на нефть и газ, имеющие важнейшее значение для России);
– энергетика и энергомашиностроение;
– новые материалы;
– биотехнологии и медицина;
– информационно-коммуникационные технологии.

Большинство наших собеседников — технократы. Однако в рассуждениях многих из них возникал тезис, что сегодня для России выбор направления технологического развития — далеко не главная задача. Важнее выработать научно-техническую политику, разработать систему управления технологическими проектами, организациями и людьми.

В качестве одной из главных проблем эксперты называют отсутствие на федеральном уровне центра координации научно-технической политики. Они сходятся в том, что возглавить подобный центр должен человек, облеченный доверием первых лиц, способный возвести тему технологической политики в ранг государственных приоритетов.

Одной из задач этого центра, по мнению экспертов, станет формирование «больших проектов» и контроль за их последующей реализацией. Такие проекты должны возникнуть на пересечении национальных приоритетов и ключевых трендов технологического развития.

Эксперты подчеркивали, что при осуществлении будущей технологической политики надо делать ставку на конкретные личности. Эти люди должны не только быть высококвалифицированными специалистами в своих областях, но и классными управленцами, и государственно мыслящими руководителями. В качестве аналогии периодически возникали образы Курчатова, Королева, Туполева, Капицы, Лаврентьева и других выдающихся руководителей-технократов предыдущей эпохи. Разумеется, большие полномочия и ресурсы, предоставленные таким людям, должны сопровождаться и высочайшей ответственностью и спросом за результат.

Индивидуальная работа с выдающимися техническими специалистами уже началась. В январе 2015 был опубликован указ президента РФ о формировании института генеральных конструкторов по созданию вооружений, военной и специальной техники.

Другим направлением будущей технологической политики может стать переход к предметной работе с быстрорастущими технологическими компаниями. Многие из этих компаний родились в 90-е и сегодня превратились в мощные современные промышленные организации. Они обладают серьезным предпринимательским потенциалом, занимают сильные позиции на российском рынке и выходят на мировые. В случае включения таких компаний в контур государственной поддержки на их базе можно вырастить настоящих «национальных технологических чемпионов», конкурентоспособных на глобальных рынках. ■

НАЦИОНАЛЬНЫЕ ПРИОРИТЕТЫ ДЛЯ НТП

Итак, мы решили вместе с нашими собеседниками отталкиваться не от определившихся сегодня технологических отраслевых трендов (о них будет сказано позже), и не от оценки могущих возникнуть в будущем рынков — подобного рода прогнозы уже сделаны или делаются многими группами специалистов. Для начала мы «набросали» список очевидных национальных приоритетов, которые должны модулировать программы научно-технического и отраслевого развития страны.

Получилось пять групп.

Освоение территорий и пространств

Первую мы назвали *«освоение территорий и пространств»*, помимо собственно территории нашей страны сюда также вошли космос и океан.

«У нас география такова, что мы имеем возможность изучать явления, которые большинство наших коллег по шарику изучать не могут, нет у них этих условий». Климатическое разнообразие, почвы, полезные ископаемые, уникальные запасы пресной воды, биосфера, одно из легких планеты (помимо лесов бассейна Амазонки), евразийский транспортный коридор — это наши конкурентные преимущества, требующие дальнейшего изучения и развития. Здесь у нас есть хорошие научные и технологические заделы.

Вместе с тем эксперты отметили, что обширные пространства наши пока плохо обустроены и обжиты — совершенно непонятно, почему это очевидное обстоятельство не становится политическим императивом и экономическим мультипликатором. Решение таких задач невозможно без собственной авиации и авиапрома. Хотя авиационную отрасль и удалось спасти от окончательной деградации, пока до ее окончательного выздоровления еще далеко.

Одним из возможных стимулирующих комплексных проектов в этой группе эксперты назвали освоение Арктики, что может сильно повлиять на поиск новых технологических решений в энергетике, материалах, транспорте. Необходимо также более рачительно подойти к проблеме добычи и переработки традиционных природных ресурсов — здесь у нас просто беда.

Почти все эксперты сошлись на том, что важнейшим приоритетом в этой группе является космос. Один наш собеседник назвал космос наряду с авиацией — «национальной технологической скрепой». Россия должна иметь гарантированный доступ в космос и мощную спутниковую группировку. «У нас

> ***«У нас география такова, что мы имеем возможность изучать явления, которые большинство наших коллег по шарику изучать не могут, нет у них этих условий»***

должна быть спутниковая система, которая позволяет в любое время в любой точке земли сказать, что там делается. Из этого вытекает, что должна быть огромная группировка из огромного количества аппаратов. Должны циркулировать огромные массивы информации. Ее надо обрабатывать».

Главная задача — доступ в космос должен резко подешеветь. «Нам нужны дешевые унифицированные космические платформы, система межорбитальных буксиров, система возможного ремонта изделий на орбите, необходимо и переосмысление роли человека в космосе».

И человечеству, и России никуда не деться от «гидрокосмоса», освоения океана. Сейчас речь идет прежде всего об освоении шельфа и добыче углеводородов. Но освоение океана на этом не остановится — в будущем будут востребованы другие полезные ископаемые и ресурсы. По технологиям глубоководного бурения с платформ мы отстали, и их нам никто не отдаст, но можно, по словам одного из экспертов, поработать над устройствами, действующими на глубине или на дне. Для Арктики это было бы спасением. Для развития гидрокосмического проекта у нас есть ядерная энергетика и богатый опыт создания подводного флота. Помимо всего прочего, это еще и вариант конверсии судостроительной промышленности, которая столкнется с финансовыми проблемами после выполнения действующей ГПВ.

Обеспечение достойных базовых стандартов жизни

Вторая группа национальных приоритетов — «*обеспечение достойных базовых стандартов жизни*» (кроме здравоохранения, которое наши собеседники предпочли выделить в отдельную группу). «Это проблемы еды, воды, экологии, достаточно комфортных условий жизни нации, вплоть до проблемы ЖКХ». Сюда эксперты также отнесли вопросы более эффективной эксплуатации биологических ресурсов, биотехнологии как возможность создавать новые эффективные биоресурсы (здесь они отметили, что нужен баланс между активным применением ГМО и усиленной химизацией почв). «Плюс к этому вопросы, связанные с переработкой, с хранением этих ресурсов, их транспортировкой».

Особое внимание предлагается уделить воде. «Что такое очистка воды? Это попытка использовать какие-то низкие горизонты, это попытка использовать соленую воду, это попытка регенерации воды, то есть заменить природу при обороте воды в природе». Сюда же относится вопрос создания и поддержания на должном уровне искусственной среды обитания, к которым относятся дома, транспортная инфраструктура и инфраструктура ЖКХ.

При этом нужно понимать то, что в данном блоке, как и во многих других, существует одно мерило эффективности или неэффективности — энергетика. «Потому что проблема урожая, проблема чистой воды, проблема экологии — это, на самом деле, проблема энерговооруженности и качества энергии. Если вторичный эффект от этой энергетики — ухудшение среды обитания, возникает вопрос: сколько потребуется энергии на то, чтобы исправить ухудшения — это всегда считаемо. Поэтому однозначно мерилом всей эффективности или неэффективности оказывается энерговооруженность страны». Часть экспертов здесь также указывали на необходимость использования заделов, созданных в атомной энергетике (особенно для задач опреснения воды).

Здоровье нации

Третья группа национальных приоритетов должна быть связана со «*здоровьем* нации». Первая ключевая проблема здесь — вызов, связанный со старением населения. Стареющее население больше болеет, затраты на пожилых людей возрастают с каждым годом их жизни. Необходимо решать вопросы увеличения трудоспособного возраста, профилактики и лечения возрастных заболеваний.

Второе, что выделили эксперты, — повышение риска как локальных эпидемий, так и пандемий, связанных с появлением новых, а также мутацией уже известных вирусов и бактерий. Серьезный вызов тут связан с повышением резистентности микроорганизмов по отношению к лекарствам. «Все более совершенные лекарства создавать необходимо, но есть и другой подход, связанный с искусственным стимулированием иммунитета». Отдельным направлением может стать борьба с болезнетворными бактериями с помощью бактериофагов — тут у России есть исторически хороший задел.

> ***Обеспечение достойных базовых стандартов жизни — это проблемы еды, воды, экологии, достаточно комфортных условий жизни нации, вплоть до проблемы ЖКХ***

В сфере иммунитета и регенеративной медицины, по мнению некоторых из собеседников, назревает настоящая революция, и эти области требуют повышенного внимания. Выращивание тканей и органов «под пациента» станут доступными уже в десятилетнем горизонте.

Наконец, третье направление, которое отметили эксперты в этой группе — это превентивная медицина и здоровый образ жизни.

Комплексная безопасность

Четвертую группу собеседники определили как *«комплексная безопасность»*. Тут имеется в виду безопасность страны, государства, населения и отдельного человека. Новые технологии несут новые угрозы. Эксперты отмечают, что нам надо быть готовым к применению вероятным противником генного оружия и кибероружия — это относительно новые и еще плохо изученные угрозы. Киберпространство развивается быстро, в нем постоянно возникают новые угрозы, причем киберугрозы связаны не только с государственными факторами, но и с частными лицами, сообществами, они даже могут возникать спонтанно, просто из-за сбоев в работе сверхсложных

сетей. «Киберпространство тесно связано с проблемой информационно-психологического воздействия на большие массы людей. И если ты не знаешь, как работает киберпространство, то можешь потерять понимание закономерностей манипулирования общественным сознанием в целых странах».

По-мнению наших экспертов, мы пока слабо участвуем в освоении киберпространства и недооцениваем его влияние на жизнь «в реале».

Есть и проблемы, связанные с высокоточным оружием. Сейчас оно становится «близким к глобальному». Поэтому нам надо работать над повышением дальности его работы и одновременно — удешевлением. «То есть чтобы можно было, не выходя из дома, разбираться со всеми противниками. Это необходимо для нас, потому что существует огромная территория, которую мы должны контролировать, а если учитывать по периметру всех наших друзей... Мы должны создавать группировки, дальнобойные и сильно распределенные, тогда, во-первых, они окажутся неуязвимы, потому что это отдельная точка, и любой удар со стороны противника будет сделан практически в пустоту. А с нашей стороны, если они будут работать по координированному плану, то всегда могут сосредотачивать свой огонь по нужным целям».

В сфере иммунитета и регенеративной медицины назревает настоящая революция, и эти области требуют повышенного внимания

Отдельно была упомянута проблема повышения безопасности солдата на поле боя с помощью комплекса современных технологий и «автоматизированные рои» боевых устройств (например дронов), работающих в единой информационной сети, а также дальнейшее совершенствование ядерного оружия.

Одной из особенностей сферы обеспечения безопасности (в том числе военных технологий) является то, что сегодня идет интенсивный обмен между гражданскими компаниями и предприятиями ВПК. В результате государственные инвестиции в решение этих задач не только возвращаются через коммерциализацию результатов проведенных разработок в гражданских областях, но и формируют целый слой высокотехнологических бизнесов.

Промышленный суверенитет

Пятую группу мы назвали *«промышленный суверенитет»*. Ее необходимость связана с двумя обстоятельствами. Первое — реиндустриализация развитых стран, происходящая на новой технологической основе (так называемая. «Индустрия 4.0» — цифровое производство, роботизация, аддитивные технологии и новые материалы). И, второе — санкции против России, затронувшие, в том числе, трансфер ключевых технологий и импорт высокотехнологического оборудования, что только усугубили ситуацию, в которой приступившие к новой индустриализации соседи по планете и так не жаждали делиться тем, что стало «самим нужно».

«Самая большая проблема — это создание средств производства, инструментария, который бы позволил материализовать идею и решать поставленные задачи... И для России на сегодняшний день это один из самых серьезных вызовов, потому что мы, создавая какие-то вещи, используем инструментарий, как правило, не наш». Инструментарий нужен для решения практически всех задач из четырех вышеперечисленных групп приоритетов. Особенно эксперты отметили необходимость концентрации усилий на таких отраслях, как современное станкостроение и электронное машиностроение. Без последнего, в частности, трудно говорить о создании собственной элементной базы. Именно в этой области ожидаются серьезные технологические прорывы.

Быстро и полностью решить проблему промышленного суверенитета невозможно. Эксперты предлагают разработать долгосрочные (с пятнадцатилетним горизонтом) программы и выстраивать взаимовыгодные технологические альянсы с самыми разными игроками мирового рынка. «Мы должны понять, что можем делать сами, для чего нужны партнеры, и создать достаточно диверсифицированную систему технологических партнерств, чтобы меньше зависеть от привходящих обстоятельств».

Естественно, список национальных приоритетов может быть расширен, но вряд ли намного и, что не менее важно, вряд ли может быть сильно сокращен. Для нас сейчас важно продемонстрировать саму возможность использования в научно-техническом прогнозе национальной, страновой рамки. Теперь сквозь такую «национальную оптику» мы можем посмотреть на основные глобальные научно-технологические тренды и подумать над списком управленческих решений и организационных мероприятий, которые позволят справляться с проблемами с помощью достижений мирового НТП. ■

РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ: НЕФТЬ И ГАЗ

В России рациональное природопользование обычно понимают как снижение ущерба экологии. Но оно подразумевает еще и максимально эффективное использование природных ресурсов. Для отдельной страны это означает не только полноту использования добытого, переработку отходов и восстановление возобновляемых природных ресурсов, но и максимизацию экономической отдачи от природопользования. Для России главным направлением ее повышения является более эффективное использования нефтегазовых ресурсов.

Эксперты единодушны в том, что нашей стране в обозримом будущем не грозит исчерпание ресурсов нефти и газа. Запугивание исчерпанием запасов через 10–15–20 лет аргументируется цифрами, полученными делением запасов на уровень потребления. Но детальная разведка, необходимая для перевода ресурсов в запасы, затратна и ведется лишь с прицелом на среднесрочный период потребления. По оценкам, на сегодняшний день мы использовали за весь период добычи нефти от ресурсов, которые имеются у нас, всего 17%, а остальные 83% только предстоит разведать и взять. Газа добыто лишь 5%. При этом потребность в этих энергоносителях не снизится в перспективе 2040–2050 годов.

Большая часть сырья для нефтехимии идет на экспорт и возвращается в виде готовой продукции

На протяжении полутора тысяч лет Россия развивалась в идеологии «подсечной» экономики: «снять сливки» и идти дальше. Сейчас эта модель исчерпывает себя. Нет, есть еще куда идти. Но экстенсивный путь развития связан с дальнейшим все более быстрым ростом издержек. Поэтому Россия прежде всего должна максимально использовать возможности интесификации добычи и углубления переработки, резервы которых велики.

От тяжелых нефтей к арктическому шельфу

Согласно энергетической стратегии России на период до 2030 года, коэффициент извлечения нефти должен вырасти с 30% в 2008 году до 35–37% к 2030 году. Но в развитых странах он уже сейчас достигает 65–70%.

Широкое использование в советские годы метода закачивания воды в пласт привело к высокой степени обводненности скважин при низком КИНе. Новые технологии могут продлить жизнь таким месторождениям, по экспертной оценке, к 2021 году из них можно добыть дополнительно 120 млн тонн нефти. Перспективной является технология, в которой полимерно-гелевая система получается путем смешивания сухого порошка с водой. После закачивания в пласт, попадая в поровое пространство, гелевые частицы в минерализованной воде увеличиваются в объеме и перекрывают крупные протоки. Однако

гель не проникает в низкопроницаемые и гидрофобные участки пласта, поскольку размеры его частиц больше, чем размеры пор таких пород, что позволяет вымывать нефть из ранее не работавших пластов. Применение 1 т сухого реагента позволяет получить от 2000 до 8000 т дополнительной нефти себестоимостью около 1,2 доллара за баррель. Это несоизмеримо дешевле, чем на новых месторождениях.

Интенсификации добычи и увеличения коэффициента извлечения нефти можно добиться не только освоением высоких технологий: в Западной Сибири сейчас заброшено около 700 тысяч скважин с дебетом 5–7 тонн в сутки, которые могут быть отработаны при изменении налогового режима. Кроме того, «только за счет правильного подхода к освоению целой группы месторождений, допустим, Баренцевоморского и Карскоморского бассейнов затраты можно снизить почти в два раза. И это не учитывая вопросы применяемых технологий и импортозамещения, только за счет эффективной концепции разработки».

Несмотря на потенциал интенсификации добычи нефти, ее возможности ограничены. И если традиционным газом Россия в обозримом будущем обеспечена, то в условиях истощения основных нынешних месторождений нефти делать ставку придется на трудноизвлекаемые запасы и шельф.

В нашей стране успешно ведутся разработки месторождений тяжелых нефтей, запасы которых огромны, в том числе в районах традиционной добычи. Они обладают всей необходимой инфраструктурой добычи, транспортировки и переработки, а также близостью к рынкам сбыта. Для извлечения тяжелых нефтей разрабатывается технология уменьшения вязкости воздействием переменного магнитного поля на магнитные включения, присутствующие в залежи изначально или введенные искусственно. Успешно реализован разработанный в России метод плазменного взрыва, уже применяемый во множестве стран и получивший популярность в США. Он позволяет удалять кольматант и получать в нефтеносном пласте сохраняющийся более полугода резонанс, который создает аномальную трещиноватость, снимает поверхностное натяжение и вызывает эффект акустической кавитации, уменьшая вязкость нефти.

Сейчас более 90% всех строящихся процессов нефтепереработки импортные — как на уровне технических идей, так и оборудования

Эта же технология может применяться и при добыче сланцевой нефти, в освоении месторождений которой мы пока отстаем, хотя и лидируем в мире по ее ресурсам. Так, ресурсы Баженовской свиты в Западной Сибири, к которой нефтяники еще только присматриваются, оцениваются в диапазоне от 20 до 100 млрд тонн нефти.

Особый интерес вызывает шельф Арктики, поскольку именно здесь возможно открытие наиболее крупных месторождений, в то время как на суше в последнее десятилетие найдены лишь небольшие участки.

Уже сейчас добыча нефти на арктическом шельфе рентабельна, если при разработке новых месторождений продолжать ориентироваться на долгосрочные, а не на спотовые контракты. Россия является лидером по объемам добычи углеводородов из морских залежей в Арктике. Более того: наш отрыв по объемам добычи продолжает увеличиваться за счет эксплуатации Юрхаровского и Приразломного месторождений. Россия уже вывела на рынок новый сорт нефти Arctic Oil (ARCO).

Однако в среднесрочном периоде (10–15 лет) рассчитывать на серьезную добычу на арктическом шельфе не стоит. Это время потребуется для освоения технологий. Буровой флот страны практически потерян, и даже те суда, что имеются, оснащены зарубежным оборудованием: «У нас есть 13 судов для сейсморазведки. Из них 3 судна — сейсморазведка 3D и 10 судов — 2D. Они все оснащены импортным оборудованием на 100%, и сами суда в основном тоже строились за рубежом еще в советское время». Но Россия способна полностью обеспечить себя буровым флотом, есть возможность наладить выпуск всего за несколько лет на существующих мощностях. Базой может стать «Севмаш», уже имеющий опыт строительства «Приразломной».

В России освоены далеко не все востребованные технологии. Так, мы не имеем опыта производства оборудования для подводной добычи, к которому предъявляются крайне жесткие требования по условиям работы и надежности. Как в России, так и во всем мире не существует технологий ликвидации подледных разливов нефти.

Несмотря на высокую долю импортного оборудования для разработки арктического шельфа, санкции западных стран не создадут серьезных проблем, за исключением небольших временных задержек. Поставщиками готовы выступить Южная Корея, Китай и другие страны. При этом полное импортозамещение нецелесообразно: «Перечень необходимых позиций в разведке и добыче насчитывает тысячи, если не десятки тысяч болтиков, винтиков, насосов, тросов, шлангов и прочего, что требуется всего в нескольких экземплярах. В столь малых объемах делать все это самим совершенно не выгодно».

Прямой угрозой для российской экономики является сланцевая революция. За короткий срок в США добыча сланцевого газа выросла почти до 50% от общего объема. Сейчас Штаты строят 32 завода по сжижению газа, из крупнейшего импортера они готовятся стать экспортером энергоресурсов, что приведет к серьезному переделу мирового рынка. Далеко не все страны успешны в разработке сланцевого газа, но вклад в мировую добычу газа таких стран, как Канада, Аргентина и Китай, может стать существенным.

Еще одна серьезная, хотя и отсроченная угроза, — газогидраты, ресурсы которых огромны. Япония, являющаяся крупным потребителем газа, активно развивает его добычу из газовых гидратов. Еще в 2013 году японская госкорпорация JOGMEC провела успешную экспериментальную добычу. Начать бурение для опытно-промышленной добычи в Японском

море планирует Южная Корея. Пока себестоимость работы является очень высокой, но может существенно снизиться по мере развития технологий. Газогидраты на акваториях Арктики могут существовать практически повсеместно, однако в России пока даже их картирование сделано в малой степени.

Газогидраты являются угрозой не только с точки зрения конкуренции на мировом рынке. Их выход на арктическом шельфе можно спровоцировать бурением или добычей. При переходе газогидрата из твердой фазы в газообразную занимаемый им объем увеличивается в 160 раз, а его выход может разрушить добычную инфраструктуру и несет угрозу судам.

Потенциал нефтепереработки

Серьезный вклад в экономику России может внести увеличение степени переработки добываемых ресурсов. Использование топливных ископаемых пока трудно назвать эффективным: «Экспорт сырой нефти оказывался существенно выгоднее ее переработки: экспортная цена корзины продуктов (топлива и мазут) ниже цены сырой нефти. Средняя цена на экспортируемые нефтепродукты составила около 720 долларов за тонну в 2013 году, а нефти — 736 долларов за тонну». Причиной тому — малая глубина переработки и низкое качество экспортируемых видов топлива. Несоответствие бензина и дизельного топлива позволяют им быть лишь сырьем для зарубежных предприятий, что сказывается на цене. В 2014 году около 90% экспортируемого бензина и более 50 % дизельного топлива не соответствовало этим требованиям. Согласно энергетической стратегии России на период до 2030 года, глубина переработки нефти должна вырасти с 72% в 2008 году до 89–90 к 2030 году, но в США и Германии она уже составляет 93–95%.

Большая часть сырья для нефтехимии идет на экспорт. В России для получения этана используют лишь 5% из добытого природного этансодержащего газа. Из выделяемых 14 млн т. сжиженных углеводородных газов, выступающих сырьем для пиролиза, из-за отсутствия мощностей в нефтехимии используется лишь 5,5 млн т. При этом из страны вывозится преимущественно сырье и химическая продукция низких переделов, а ввозится продукция высоких переделов, начиная от синтетических смол и пластмасс до изделий из них и химических волокон и нитей. Зачастую, после соответствующей переработки, российское сырье возвращается назад в виде высокотехнологичных товаров. Так, каучуки приезжают в Россию в виде шин и камер, капролактам — в виде синтетических нитей. По многим наиболее востребованным как на мировом, так и на российском рынке продуктам высок уровень импортозависимости. По изоцианатам и полиамидам он равен 100%, по эпоксидным смолам — 98%, полиэфирным смолам — 96%, полиуретановым смолам — 91%, линейному полиэтилену высокого давления — 87%. При этом, по оценкам экспертов, внутренний рынок нефтехимической продукции имеет значительный потенциал роста: сейчас потребление на душу населения полимеров в России составляет 53 кг при производстве около 38 кг, тогда как в развитых странах этот показатель составляет более 100 кг.

Даже при закупке зарубежных технологий локализация производства оборудования может дать некоторый толчок для инновационного развития отечественной промышленности. Но значительно больший мультипликативный эффект принесет создание собственных технологий добычи и переработки, ведь сейчас более 90% всех строящихся процессов нефтепереработки импортные как на уровне технических идей, так и оборудования. Иностранные лицензиары приводят своих поставщиков оборудования и инжиниринговых услуг. Локализация производства оборудования в России им не интересна, а с учетом небольшого числа установок она не всегда привлекательна и для отечественных машиностроителей.

Из-за слабости отечественного инжиниринга мы не просто проигрываем конкуренцию западным поставщикам, но и сами же их подпитываем идеями

В мире нет технологий, которые Россия не в состоянии воспроизвести. Даже самые жесткие санкции в нефтепереработке в худшем случае приведут к остановке считанных существующих производств не более чем на полгода-год из-за нехватки катализаторов. Этого времени хватит, чтобы создать им замену. Однако чтобы компенсировать нехватку конкретных продуктов, придется потратить значительное время и ресурсы: «Например, производство масел и особенно присадок к ним, от которых зависит работа всех сегментов транспорта, в России практически отсутствует, и ограничение их поставок приведет к транспортному кризису».

Но даже имея возможность разработать любую из недостающих технологий в отдельности, Россия не в состоянии воспроизвести их все: «Раньше всеми процессами нефтепереработки владели только две страны — США и Россия. Сейчас большую часть процессов могут делать Япония, Франция, Италия, Германия. Все владеют частью технологий. Одной стране держать все процессы практически возможно, но не рационально — слишком затратно».

Тем не менее часть технологий в силу их закрытости — во многих случаях западные компании предпочитают не продавать технологии своим прямым конкурентам — и высокой значимости необходимо разрабатывать самостоятельно. В нефтепереработке можно выделить несколько таких критически важных технологий.

Среди них технологии производства катализаторов для нефтепереработки и нефтехимии, процессы, обеспечивающие снижение по сравнению с пиролизом стоимости сырья для нефтехимии из компонентов природного газа (как метана, так и этана и СУГ), прежде всего, олефинов. Сюда же относятся технологии получения высокомаржинальных полимеров. Помимо полиолифинов специальных марок, это полимерные смолы, рынок которых в РФ будет расти,

и импортозависимость по которым превышает 90%: специальные полимеры (например, хлорированный полиэтилен), технологии получения акриловой кислоты и ее полимеров, изоцианатов. Даже при относительно небольших объемах производства последних возможно получение значительного дохода на экспортных рынках.

Большое значение имеют технологии переработки тяжелых нефтяных остатков и нефтей с учетом низкой глубины переработки, очень высокой стоимости и средней эффективности зарубежных технологий. Наличие таких процессов резко упростит решение задачи вовлечения тяжелых нефтей в переработку, а доля их, согласно прогнозам, будет лишь возрастать. Причем технология с применением наноразмерных катализаторов потенциально может быть использована не только в традиционной нефтепереработке, но и для преобразования тяжелых нефтей непосредственно в пластах. Термические методы такого преобразования давно разрабатываются и уже предлагаются западными компаниями, хотя их эффективность пока недостаточна.

Также важно, что к 2025–2030 годам ожидается появление разработок, обеспечивающих возможность получения из газойля как дизельного топлива, так и бензина на установках, которые при необходимости могут переходить от каталитического крекинга к гидрокрекингу. Если такая технология будет создана, это в корне изменит подход к строительству нефтеперерабатывающих заводов.

Важной проблемой является утилизация попутного нефтяного газа. Особенно она актуальна в условиях арктического региона, где транспортировать газ с платформ отдельными трубопроводами практически невозможно.

В России есть ряд успехов. Так, сейчас разрабатывается метод прямой конверсии попутного газа в легкую нефть, которую можно использовать на месторождениях для утилизации ПНГ.

В Саудовской Аравии уже производятся по российской технологии ИК СО РАН катализаторы полимеризации олефинов. Технология получения этилбензола на цеолитсодержащих катализаторах была реализована на ОАО «Газпромсалаватнефтехим» и ничем не уступает зарубежной. В нефтепереработке, вначале при поддержке государства, потом российских компаний НПП Нефтехим, была разработана технология и катализатор изомеризации легких углеводородов для получения компонентов высокооктанового бензина. Она не только заняла половину рынка в России, но и успешно продвигается за рубежом. Например, эту технологию для реализации крупнейшей установки изомеризации в мире, мощность которой будет составлять 2,4 млн т/год, выбрала компания Hengli Petrochemical. Еще одна установка проектируется на НПЗ Мумбаи в Индии.

Сланцевая революция является серьезным вызовом

Кроме того необходимо помнить, что кроме прогресса в технологиях нефтепереработки меняются источники сырья для отрасли: нефть и газ перестают быть единственным сырьем для традиционных нефтехимических продуктов. «Китайцы уже построили десять заводов, использующих газификацию угля, и строят еще пять. Два из них — по получению синтетической нефти, остальные получают из угля важные мономеры этилен и пропилен. Такая технология есть и у нас, уже работают пилотные установки в Электрогорске по получению этилена и пропилена». Значимость этого тренда крайне высока — в Китае скоро по таким технологиям будет производиться больше олефинов, чем в России по традиционным, что может привести к существенным изменениям на рынке.

Внедрять так и не научились

В среднесрочной перспективе технологическое развитие России станет проходить в условиях противостояния: «Наверняка будут если не явные санкции, то некие ограничения. Мы уже их сегодня чувствуем. Например, департаментом энергетики США распространено инструктивное письмо. Оно рекомендует в случае появления россиян на международных конференциях, на которых обсуждаются вопросы освоения Арктики, нетрадиционных ресурсов, новых технологий, прекращать дискуссию. Очевидно, что в такой атмосфере творческого сотрудничества просто не может быть. В итоге мы теряем темпы. Партнерство нам критично необходимо. Всегда вдвоем проще сделать, чем одному. Причем если двое не одинаковые, а разные, то появляется синергетический эффект».

Международное сотрудничество критически важно как на уровне научных разработок, так и при реализации конкретных проектов. Для его поддержания необходимо учиться сотрудничеству, дипломатии: «Например, если газ Штокмана пустить через норвежский трубопровод, на выходе он перестанет политически дурно пахнуть и будет взят Европой».

Все эксперты сходятся во мнении, что слабым местом России является инжиниринг: «В идеях мы хороши — одни из лучших в мире. Но нет механизмов реализации. Проблемы возникают на этапе воплощения технологии в металле. Нас никогда не учили, как из идей сделать железо, которое будет работать».

Сильное преподавание и понимание фундаментальных дисциплин сочетается со слабостью в прикладных науках и, самое главное, во внедрении разработок. Поэтому мы не просто проигрываем конкуренцию западных поставщикам, но и сами же их подпитываем: «У нас очень много светлых идей, но крайне трудно пройти путь от идеи до внедрения, реализовать в производстве. Это наша самая главная проблема. Иностранные компании ведут патентный и публикационный анализ, и любые достойные наши идеи тут же сами реализуют, ведь патенты легко обойти. Внедрять они умеют очень быстро. Через два-три года наши идеи у них уже запатентованы и доведены до промышленных образцов. А еще через год они уже продают их в России. И менеджеру крупной компании гораздо легче и безопасней отдать предпочтение зарубежному продукту, чем российскому аналогу.

Поэтому крайне важно незамедлительно возродить практику режима ДСП для наших разработок». Причем далеко не всегда в утечке наших разработок за рубеж виноваты западные компании: «Если нет

организаций, которые могут превратить научное открытие в технологию, и нет компаний, способных обеспечить ее практическую реализацию, наладить производство продукта, то передача этих результатов зарубежным компаниям, обладающим набором нужных компетенций, оказывается единственным путем их внедрения».

Российская слабость внедрения обусловлена исторически: «Главное, что подрубило отраслевую науку — изъятие интеллектуальной собственности. На Западе инжиниринговые компании во многом развились благодаря роялти. У нас все, что было создано в СССР, к моменту перестройки уже отдали в промышленность. В нефтепереработке до начала перестройки из 500 процессов только 2 были взяты за рубежом. И что разработчикам сказали? До свидания! Если бы не это, они бы выжили». Сейчас систему отраслевой науки нужно уже не восстанавливать, а создавать с нуля. Нефтепереработка имеет свою специфическую проблему: строительство пилотных установок, стоящих десятки, а порой и сотни миллионов долларов: «Система финансирования во многом уже выстроена. Бюджетное финансирование институтов, программы президиума и отделений РАН, гранты РФФИ и РНФ, ФЦП. Все это позволяет довести финансирование до пилотной стадии. И вот здесь провал — финансирования на опытно-промышленные установки нет. Но это и на Западе проблема. Там эта стадия проходит или внутри крупных корпораций, или в инженерных компаниях, которым приходится договариваться».

Нефть и газ перестают быть единственным сырьем для традиционных нефтехимических продуктов

Ключевыми проблемами все эксперты считают не технологические, а институциональные: «В СССР существовала система планирования и внедрения. За 24 года рыночной экономики ее так и не удалось сформировать. Сначала считали, что рынок сам урегулирует, это неправда. Рынок сделает многое, но не все. Его должна дополнять власть. Но у нас она к этому не способна».

«По нефтегазодобыче необходимо централизованное управление и координация. Нужно создать комиссию, аналогичную комиссии по развитию Арктики, составить полную базу ресурсов, наведение порядка в которой займет лет пять, определить наличие рынков, перспективы их развития, приоритеты и порядок действий, принять решения по транспорту и технологиям, увязать добычу с максимальной переработкой внутри страны. Например, сейчас непонятно даже, за что хвататься: за увеличение нефтеотдачи или за шельф».

Те же потребности есть и в нефтепереработке: «В области ТЭК при внедрении инновационных технологий подчас возникали сложности именно из-за проблем с координацией целей научных учреждений, инжиниринговых компаний, бизнес-сообщества, институтов развития и структур власти. Некоторые решения по внедрению тех или иных технологий в сфере добычи и переработки углеводородов принимались без учета возможных последствий даже на краткосрочном горизонте — до 2–3 лет и без принятия мер по стимулированию технологий. Так, быстрый ввод стандартов Евро 5 без определения путей стимулирования разработки российских технологий предопределил долгосрочную зависимость от иностранных катализаторов и технологий большей части нашей переработки. Не предусматривает мер развития собственных технологий и новая Стратегия развития химического и нефтехимического комплекса до 2020 года, предполагая лишь локализацию зарубежных технологий и рост расходов на исследования». ■

ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОМАШИНОСТРОЕНИЕ

Энергетика, и — уже — электроэнергетика, энергомашиностроение (ЭМС) и электротехническая промышленность — это высокотехнологичные секторы экономики, наличие которых свидетельствует о технологической состоятельности любого государства. Отраслевая вершина энергомашиностроения — газотурбиностроение, оно держит в тонусе всю инновационную сферу в тех странах, где развивается.

Собственным ЭМС еще до не столь давней поры обладал лишь ограниченный круг держав, а развитым газотурбиностроением, включая как энергетические, так и авиационные и судовые двигатели, — еще меньшее число посвященных. Практически до конца 20 столетия их число в мире не превышало десятка: Великобритания, Германия, Италия, СССР\Россия, США, Швеция, Франция, Япония. Сейчас пул стран, производящих такое оборудование, пополняется за счет развивающихся государств, речь, прежде всего, конечно, о Китае.

Энергомашиностроение в России

Состояние отрасли ЭМС в России, по крайней мере с точки зрения наращивания перспективных научно-технологических компетенций, можно назвать скорее депрессивным. Довольно большой рынок модернизации объектов электроэнергетики, существующий в стране, дает почву для поддерживающих инноваций, и крайне редко для прорывных инноваций. Что касается новых областей техники, можно вспомнить медленные паровые турбины для АЭС — технологию

Наличие собственного энергомашиностроения — свидетельство технологической состоятельности государства

их выпуска разработали и освоили в «Силовых машинах», но производства которых до недавнего времени на территории России просто не существовало.

Самый быстро развивавшийся с точки зрения спроса на оборудование новых электростанций в последние пять лет рынок энергетических газовых турбин (за счет их применения произведено абсолютное большинство пусков новых мощностей в стране) по большому счету отдан на откуп иностранным производителям. КБ газовых турбин «Силовых машин» перешло под контроль Siemens. Разработанная несколько лет назад в России ГТ-65, которая по характеристикам могла бы соперничать с международными конкурентами и специально изготавливалась для замены десятков устаревших паровых турбин, остановилась на этапе опытно-промышленной эксплуатации.

Ничего внятного не слышно о деятельности в этом направлении ОАО «ОДК», которое, как было обещано, должно было заниматься доводкой еще одной отечественной машины — ГТД-100,

производившейся ранее на НПО «Сатурн». Зато там же, в Рыбинске, грозят довести до проектного уровня — 14 машин в год — выпуск техники General Electric на совместном предприятии с нашей, по сути, государственной «Интер РАО ЕЭС». В Петербурге открывается площадка для выпуска сименсовских газовых турбин совместного же предприятия Siemens (65%) и «Силовых машин» (35%).

Довершает картину отсутствия общей государственной политики технологического развития в области своего высокотехнологического энергомашиностроения (а в целом — и в области энергетики) тот факт, что две другие крупные генерирующие энергокомпании с преимущественным госучастием создали СП с зарубежными энергомашиностроительными компаниями, фактически гарантируя иностранцам сбыт в нашей стране: «Росатом» — с Alstom по мощным паровым турбинам, «Русгидро» — с той же Alstom по гидротурбинам — то есть в областях, где и без того есть крепкие отечественные компетенции. Проблема в том, что поставки узлов по ключевым технологиям в этих СП останутся за зарубежными вендорами, россиянам доверят поставлять самое технически и технологически простое, а собираться в цехах СП будут отнюдь не самые новые турбины.

Отрадно, что маркетологи западных компаний так оптимистично оценивают рынок нового строительства в российской электроэнергетике. Приятно и чиновникам, отвечающим за импортозамещение и новые рабочие места: десятки обещанных процентов локализации размашистыми мазками лягут в их отчеты о проделанной работе. Едва ли там будет сказано, что поставки узлов по ключевым технологиям в этих СП останутся за зарубежными вендорами, россиянам доверят поставлять самое технически и технологически простое, а собираться в цехах СП будут отнюдь не самые новые турбины.

Российская атомная промышленность занимается тем, что на фоне увеличивающихся заказов в основном эволюционно развивает старые советские проекты, только на базе современных технологий проектирования, конструирования и организации работ. Свинцовые технологии реакторов на быстрых нейтронах и смежные с ними — материаловедческие и топливные, которые прочили в качестве прорывных три года назад, пока тихо развиваются в лабораториях, а в пуск готовят многострадальный с точки зрения истории развития натриевый быстрый реактор на 800 МВт с использованием нового у нас уран-плутониевого топлива.

Глобальная электроэнергетика и энергетика в целом переживает переход к новой фазе технологического развития, усиливается роль интеллектуальных сетей. Идет ломка традиционной структуры генерации: растет доля малых электростанций, отмечается существенный прирост низкоуглеродной или безуглеродной энергетики — и в то же время в этой сфере у нас фактически нет собственных разработок. Причем это касается не только умных сетей и возобновляемых источников — ветровой и солнечной энергетики, но и технологий, знаменующих качественный скачок в развитии традиционных энерготехнологий — переход на суперсверхкритические параметры пара в угольной энергетике, развитие тех же газовых турбин для ТЭЦ с газификацией угля и т. д.

«Энергетика как система будущего»

Что касается улучшающих инноваций, то с этим справляются мощные НИОКР-департаменты энергомашиностроительных компаний. Но когда речь заходит о стратегических высокотехнологических проектах, рассчитанных на использование в средне- и дальнесрочной перспективе, где масштаб НИОКР накладывает серьезные ограничения на внутренние возможности по самостоятельному финансированию всей необходимой инфраструктуры научных исследований, которые и к тому же могут привести к непрогнозируемому результату, в эти проекты, не стесняясь своей нерыночности, финансово и организационно включаются государства развитых «рыночных» стран. Мало того: зачастую они сами инициирует НИОКР- программы.

> ***В России реальный горизонт планирования совпадает с трехлетним бюджетом страны, для большинства энергокомпаний — это пять лет. В эти сроки не вписывается абсолютное большинство инновационных и инвестиционных проектных решений в энергетике***

Так, европейская технологическая инициатива с мощным финансированием AD700 была запущена в рамках программ Евросоюза еще в начале 1990-х годов с целью разработки спектра современных материалов для угольных энергоблоков. Выполнение программы во второй стадии позволило перейти от сверхкритических технологий с КПД около 35% к оборудованию, работающему на USC-параметрах (ультрасверхкритических), с температурой пара около 600 градусов и КПД 45%.

Сейчас идет третья фаза мультидисциплинарных исследований этого стратегического проекта Comtes700 (инициатива EMAX Power Plant) — в теплофизике, материаловедении, металлургии и т. д. — с участием десятков компаний, институтов и университетов. Цель ее — создание оборудования с параметрами advanced USC на 700 градусов и выходом на КПД угольных энергоблоков 52%. Другое направление исследований — разработка эффективной технологии IGCC (комбинированного цикла комплексной газификации угля).

Осенью 2008 года в ЕС в рамках стратегии по выходу европейской экономики из кризиса, предусматривающей ряд долгосрочных мер структурного характера, был принят так называемый SET-plan

(Strategic Energy Technology Plan), стимулирующий увеличение расходов на НИОКР через новую индустриализацию в энергетической сфере. В рамках СЕТ-плана приняты семь европейских промышленных инициатив (European Industrial Initiatives) — отраслевых объединений: по ВИЭ, увеличению эффективности традиционной энергетики с улавливанием и хранением выбросов, интеллектуальным электросетям, «умным» городам и управляемому термоядерному синтезу. Разработаны амбициозные задачи и «дорожные карты» до 2020 года, уже идет планирование до 2035 года.

В США подобная программа по развитию угольной и возобновляемой энергетики, в том числе по созданию блоков на суперсверхкритических параметрах пара (The Ultimate Power Plant Concept, UPPC), идет в рамках национального проекта Vision XXI, дорожной технологической карты, запущенной департаментом энергетики (DOE) в начале 2000-х и рассчитанной в третьей фазе исполнения до 2025 года. «Если вы посмотрите на структуру выполнения этого плана, то увидите, что она очень напоминает то, как было построено управление инновациями в Советском Союзе», — говорит один из экспертов.

Департамент энергетики формирует все программы развития энергетики. В нем существует подразделение APRA-E (Advanced Projects Research Agency), аналог советского Госкомитета по науке и технике в плане развития оборудования и энерготехнологий, стратегическая цель которого добиться прорывов в энергетической отрасли, улучшающих благосостояние государства и экологическую обстановку в стране.

Обычно частные инвесторы отказываются от финансирования идей, рассчитанных на долгосрочные перспективы из-за высоких рисков нерезультативных исследований и непредсказуемых сроков возврата инвестиций. Как раз в таких случаях включается ARPA-E с бюджетным финансированием на ведение НИОКР и создание опытных образцов техники, снижающих энергозависимость от ископаемых источников за счет увеличения эффективности большой энергетики, с одной стороны, и доли возобновляемых источников энергии — с другой. После создания проекта НИОКР, инициированного самим DOE, университетами или частными компаниями, к поисковой работе (то, чем занимаются у нас академические институты) привлекаются профильные подразделения университетов и исследовательские центры, такие как, например, Массачусетский технологический.

В подчинении департамента находятся два отраслевых государственных исследовательских института: ERPI (Electric Power Research Institute), который занимается вопросами по тепловой энергетике, и NETL (Национальная лаборатория энерготехнологий), где отрабатывают технологии в тесном взаимодействии с мощными R&D-подразделениями компаний, а те, в свою очередь, работают с сотнями смежных инжиниринговых и производственных компаний. Что касается авторских прав, то государство в эту собственность не входит и не пытается торговать (как это практикуется в России) интеллектуальной собственностью, полученной на условиях софинансирования.

В рамках такой деятельности, к примеру, DOE за первое десятилетие 21 века профинансировал создание технологий современных газовых турбин в General Electric, Solar Turbines и Westinghouse на сумму почти 600 млн долларов. Эти деньги давно отбились — уже налажен серийный выпуск ГТУ и их реализация, а доходы компаний и государства превышают миллиарды долларов. На создание головного образца угольного энергоблока с параметрами A-USC по проекту UPPC DOE выделяет сейчас около 800 млн долларов.

В развитых странах (а теперь и в Китае, Индии, Бразилии) при разработке и создании головного образца энергооборудования 70–80% расходов берет на себя государство

В России при обсуждении проблем развития энергетики зачастую упускает тот факт, что в развитых странах (а теперь и в Китае, Индии, Бразилии) при разработке и создании головного образца большую часть расходов — 70–80% — также берет на себя государство. Надо отметить, что эти страны не гоняются при этом за технологическими рекордами, а преследуют сугубо экономические интересы: например, в США от реализации подобных программ ожидается получение существенного эффекта благодаря снижению себестоимости выработки электроэнергии, что повышает конкурентоспособность американских производителей и экономики страны в целом.

Абсолютно очевидно, что управление энергетикой не может двигаться как стохастический процесс. Из опыта других стран мы видим, что отрасль довольно жестко регулируется и управляется, и нет каких-то рыночных механизмов, которые случайным образом организуют ее развитие. «Такие программы, как Vision XXI, — утверждает один из наших собеседников, — это абсолютно другая философия управления инновациями, в отличие от той, которую предпочитают наши государственники.

Во многом она использует подходы, развивающие опыт руководства технологическими проектами, существовавший в нашей стране 30 и более лет назад, и которые требуют всех усилий с привлечением компетенций академических и отраслевых институтов, вузовской науки, объединенных с потенциалом производственных компаний с привлечением новых кадров, поиском выдающихся управленцев-технократов. Необходимо и у нас начать формулировать подобный проект с условным названием «Энергетика России как система будущего», к которой должна быть жестко привязана программа разработки перспективного отечественного энергооборудования».

В «Энергетике России» должны быть выстроены и понятны критерии и требования к энергетике в целом: топливные балансы, структура генерации,

уровень эффективности, к которому мы стремимся, технологии, за счет которых хотим достичь этой эффективности. Требуется понимать, какая наука будет сопровождать проект, какие отраслевые институты надо восстановить и поднять — а надо их поднимать обязательно, какие поставлены цели для снижения компаниями-генераторами себестоимости электроэнергии и тепла. Должно быть понятно, откуда на это возьмутся деньги, в каких регионах будем строить, какие основные участники — то есть к чему и каким путем должны идти — все это должно быть выстроено по годам, по пятилеткам, на 20–30 лет вперед. «Если мы не воссоздадим проектного планирования такого масштаба, нас в недалекой перспективе просто задавят».

Государственное дерегулирование

Одним из основных факторов риска развития отрасли в кратко- и среднесрочной перспективе эксперты считают растущую некомпетентность многих регулятивных решений, вносящих искажения в рыночную саморегуляцию. Растет административное давление на рынки электроэнергии и мощности, увеличивается отрыв затрат агентов электроэнергетики от уровня их компенсации через цены на рынке и тарифы в рознице. Такая политика ведет к сохранению ситуации недоинвестирования отрасли и отставанию в ее техническом развитии. Такой вывод будет справедлив по отношению к ситуации в производстве тепла, электроэнергии и сетевом комплексе.

Российские угольные станции ежегодно расширяют золоотвалы на 25–26 млн тонн. Если в стране наконец задумаются об экологии и введут требования, как в Германии или Дании, эту золу придется куда-то девать, где-то хранить или перерабатывать, организовав производство стройматериалов, и так далее. Как только на электростанцию: газовую, угольную, атомную (за транспортировку и захоронение отработанного топлива, к примеру) — начнут наваливаться дополнительные затраты, естественно, они немедленно отразятся на себестоимости производимой электрической энергии. Тогда мысли многих — и чиновников, и потребителей, и инвесторов, и самих энергетиков — обратятся к необходимости перераспределения балансов генерации, оптимизации сетей, способам повышения эффективности своего оборудования, а скептики перестанут думать о «зеленой» энергетике как о пустых экспериментах.

В западных программах развития энергетики существует перечень технических заданий и требований к новым энергетическим объектам. Одним из главных является обязанность нового генератора отпускать электроэнергию по стоимости равной или ниже рыночной, которая существует на тот момент. Это во многом определяет эффективность ведения энергопроектов: от разрешительной документации до строительства. У нас — наоборот — генераторы, пока работали договоры по предоставлению мощности с возвратом инвестиций, пускали новые мощности. Но зачем им заниматься своей эффективностью и модернизацией сейчас, когда топливо они получают по внерыночной заниженной цене, а тариф на электроэнергию при этом в 2,5 раза выше, чем в США? Они проживут без всякого регулирования!

О каком регулировании, даже краткосрочном, со стороны государства, которое определяло бы развитие отрасли, в этом случае можно говорить, есть ли польза от существующей энергетической стратегии для ликвидации таких искажений и перекосов? Такое положение в результате сдерживает и инновационное развитие отечественного энергомашиностроения, электротехнической промышленности — базовых высокотехнологичных отраслей экономики.

Место возобновляемой энергетики

Эксперты продолжают считать, что в ближайшие десятилетия в электроэнергетике сохранится безусловное главенство «большой энергетики» (включая гидрогенерацию): 90% против 10% возобновляемой, причем 40% придется на твердое топливо, в основном уголь. Отсюда такое внимание в мире к разработке эффективной технологии IGCC (комбинированного цикла комплексной газификации угля) со сжиганием в газовых турбинах, UCS и A-UCS-технологиям, связанным с повышением рабочих параметров пара на угольных ТЭЦ с повышением КПД до 52%. Не уменьшается интерес к газовым турбинам, позволяющим уже сейчас получить КПД на уровне 60% в парогазовом цикле. Как было сказано выше, ни одна из этих технологий не имеет в России собственной технологической реализации.

Безусловно, надо активнее развивать в нашей стране элементы интеллектуальных сетей — они нужны не сами по себе, а для уменьшения потерь, в том числе за счет более сбалансированных перетоков электроэнергии, более эффективного использования генерации, безболезненного для системы подсоединения к сетям малых и возобновляемых источников энергии.

Ни одна из современных энерготехнологий: высокотемпературного паросилового и парогазового циклов, солнечных и ветроустановок — не имеет в России собственной технологической реализации

Использование ВИЭ — глобальный тренд, и России также от него никуда не деться. Установленная мощность мировой ветроэнергетики превысила в прошлом году аналогичный показатель всех атомных станций, в Китае есть ветропарк, мощность которого уже превышает мощность Саяно-Шушенской ГЭС. В течение последних пяти лет произошел десятикратный рост фотоэлектрических мощностей благодаря прорыву новых технологий, обеспечивающих снижение себестоимости при приличном КПД и других улучшенных характеристиках солнечных панелей.

В России в нетрадиционной энергетике практических наработок и, за исключением твердого

биотоплива, технология сжигания которого мало отличается от сжигания традиционных твердых топлив, нет, нет даже заделов, как в газотурбиностроении. Но ведь они также нужны не сами по себе. Для многих современных технологий критически важно быть на острие развития все время. Технологии ВИЭ из их числа. Материалы, используемые для производства лопастей современных ветроагрегатов, применяются и в истребителях пятого поколения, и в обтекателях головных частей ракет. Построить современную установку по выращиванию водорослей для производства биомассы невозможно без развития хайтечных мембранных технологий. Уже в 2016 году, по прогнозу Международного энергетического агентства, объем производимой электроэнергии на основе ветра, воды, солнца и других возобновляемых источников в мире обгонит этот же показатель по газовой генерации. Но если мы считаем, что ВИЭ займут примерно то же место в общем коктейле электроэнергетики, которое сегодня по выработке занимают газовые турбины, надо ставить их разработку и производство на поток — завозить, а потом импортозамещать подобные технологии в результате очередного отставания будет в разы дороже. Это, безусловно, касается и технологий «большой энергетики».

В проекте, направленном на широкомасштабное опреснение морской воды, можно свести несколько хорошо развитых в России технологий: в химической промышленности, титановой металлургии и ядерной энергетике

Пилотные проекты

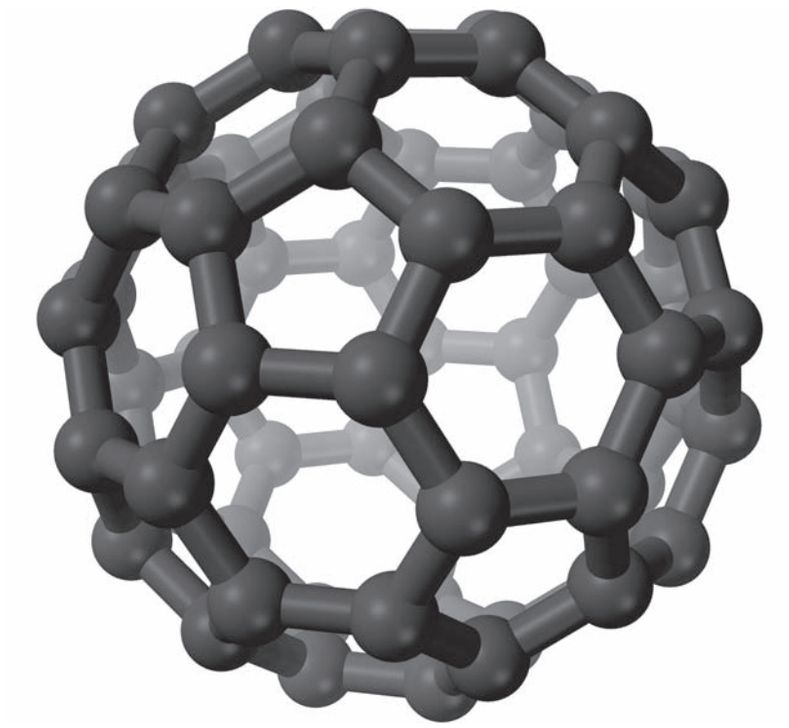
В качестве одной из оперативных мер поиска ответов на существующие технологические вызовы можно рекомендовать использование метода создания пилотных зон и проектов по критически важным технологиям будущего в энергетике. Без стратегического подхода к управлению электроэнергетикой это все равно не решит ее существенных проблем, но в некоторых случаях, вероятно, на основе использования зарубежного оборудования и технологий, даст возможность получить навыки и методы работы с новым оборудованием, технологиями, научиться их интегрировать в существующую инфраструктуру. Это может касаться прежде всего таких достаточно маргинальных у нас, но быстрорастущих за границей технологий, как интеллектуальные адаптивные сети, распределенная генерация и строительство «виртуальных электростанций», ветропарки и солнечные станции промышленного масштаба, интеллектуальные системы управления спросом на электроэнергию и т. д., в обращении с которыми российские энергетики фактически не имеют никакого опыта.

«Для того чтобы начать реализовывать инновационные проекты в «большой» ли, малой ли энергетике, — считает наш эксперт, — не надо создавать комиссий, отдельных КБ. Для начала должен появиться осязаемый заказчик (к примеру государство, в лице того же Минэнерго) с абсолютно понятными целями, с долгосрочным финансированием, с перспективами сбыта. Тогда все вопросы, начиная от НИОКР и заканчивая производством, начнут решаться с опорой на международный опыт и внутренние технолог ические альянсы. Думать же сначала о том, как из кого мы будем создавать КБ, без осязаемой цели, а потом соображать, что этому КБ делать, это путь в никуда, пройденный в новой России уже неоднократно».

А что с собственными перспективными технологиями? Наши собеседники затруднились назвать какую-либо значительную работу в области традиционной энергетике, признав перспективными и отличающимися от мировых обновленную технологию реактора на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем (БН-800, 1200) и проект ядерной реактора космического базирования мегаваттной мощности, реализуемый в НИКИЭТ. Один из экспертов считает исключительно перспективным делом разработку водо-водяных реакторов с интегральной компоновкой и естественной циркуляцией в первом контуре. В таком реакторе внутри своеобразной бутылки собирается активная зона, парогенератор и даже система аварийного расхолаживания. Похожие есть пока только для флота, но если их «масштабировать», используя с вертикальными парогенераторами с малым сопротивлением, их себестоимость может быть в разы дешевле традиционных схем реакторов. Эксперт считает, что нам, безусловно, надо заниматься крупномасштабным опреснением морской воды на базе ядерных реакторов, в спросе на такие установки со стороны Китая, арабских стран он не сомневается. В проекте можно свести несколько хорошо развитых в России технологий: от химической промышленности, титановой металлургии (сталь коррозирует в морской воде) до ядерной энергетики.

В сфере возобновляемой энергетики один из экспертов называет очень интересными отечественные работы в области геотермальной энергетике по созданию установки бинарного цикла. Реализация этого проекта позволит решить две серьезные задачи: повторного использования низкотемпературного тепла после прохождения турбины и использования для производства электроэнергии низкотемпературного тепла тех месторождений геотермальных ресурсов, которые характеризуются низкими температурами. Такие есть в Краснодарском крае, Калининградской области. ■

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ



Наверное, неслучайно, что целые исторические эпохи получили название от способности человека обрабатывать тот или иной материал: каменный век, бронзовый век, железный век. И в нынешних условиях возможность разрабатывать и применять новые материалы остается важнейшей характеристикой способности человечества к развитию. Ведь создание новых материалов позволяло разрабатывать изделия с принципиально новыми свойствами, которые дали возможность совершить качественный скачок во многих отраслях экономики.

Многолетняя отечественная и зарубежная практика показывает, что более 80% инновационных разработок в ведущих областях промышленности и секторах экономики базируется на внедрении новых материалов и технологий их производства. Но традиционный подход к появлению новых материалов, когда ученые в лаборатории создавали их, а затем инженеры и технологи придумывали им применение, исчерпал себя. Так, например, это было с алюминием — его открыли в 1825 году, но металлу нашли только в начале XX века.

Традиционный подход к появлению новых материалов, когда ученые в лаборатории создавали их, а затем инженеры и технологи придумывали им применение, исчерпал себя

Главное — системность

Важной особенностью современной науки о материалах является неразрывность процессов проектирования конструкции и создания материалов для нее. Сам по себе материал уже не интересен, его рассматривают применительно к конструкциям, изделиям, механизмам.

Поэтому особое значение приобретают методы прогнозирования и конструирования структуры материалов с заданными свойствами в рамках системы взаимовытекающих друг из друга фундаментальных понятий материаловедения: «состав и тип связи элементов — специфика многоуровневой структуры — свойства».

«Новый подход к материаловедению состоит в том, что материалы целенаправленно разрабатываются под задачи, которые ставят перед материаловедами конструкторы и технологи. Материал — это только первый элемент в цепочке материал-технология-изделие-производство-рынок. И, следовательно, успешный ответ на возникающие потребности потребителей, неважно — на свободном рынке или в системе государственной безопасности, может быть дан только совместными усилиями материаловедов, технологов,

конструкторов, производственников, маркетологов. В этой цепочке они последовательно ставят друг другу задачи: маркетолог — производственникам, производственник — конструкторам, конструктора — технологам, технологи — материаловедам».

Характерный пример такой цепочки можно построить на примере станкостроения: станок с ЧПУ — поворотная ось — редуктор — шаговый двигатель — редкоземельные магниты, в основе которых чаще всего лежат сплавы Nd-Fe-B и Sm-Co. Если у вас нет станкостроения, то вам не нужны такие двигатели и соответственно — магниты. Если же у вас нет современной промышленности, то вам не нужны и новые материалы. Но если вы взялись за создание и развитие современной промышленности, главным становится системный подход по выстраиванию проектно-технологических цепочек, в которые должна быть встроена и разработка новых материалов.

Важность новых подходов к материаловедению признана во всем мире. В Соединенных Штатах несколько лет назад была утверждена президентская программа Materials Genome Initiative, целью которой является развитие самых современных направлений материаловедения для обеспечения задач, решаемых промышленностью. В частности, в рамках этой инициативы создано несколько научно-исследовательских центров, в том числе Центр проектирования иерархических (многоуровневых) материалов, Центр науки и технологий наноматериалов, Центр теоретического и вычислительного материаловедения. Тем самым руководство США показало, что наука о материалах для него — одна из первоочередных государственных задач. Аналогичные решения приняты в Китае.

Показателем внимания, которое уделяется в мире новым подходам к материаловедению, является и тот факт, что за последние пять лет по этой тематике в журналах Nature Publishing Group было опубликовано больше работ, чем за предыдущие тридцать. И это очень серьезный вызов для России.

Синхронизировать все уровни

«Новый подход к разработке конструкционных материалов означает, что при их проектировании, а также соответствующих изделий нельзя рассматривать материалы как среду с однородными свойствами. Тут надо учитывать процессы, которые идут при деформации и разрушении материалов на разных уровнях. На атомных уровнях — одни свойства, выше, где возникают дефекты, — другие. Когда материал описывается упругими константами, как только возникает пластичность, надо учитывать эффекты, возникающие на границах зерен, дефектационные эффекты, ансамбли, фрагментацию и т. д. Подход к созданию материалов, который учитывает свойства всех уровней состояния, называется многоуровневым, как и сами материалы». Хорошим примером здесь являются наноматериалы, получаемые методом аддитивных технологий, которые обладают новыми свойствами, потому что в них особенно выражена эта многоуровневость. Процессы идут одновременно на разных уровнях, и чтобы описывать поведение такого материала, надо синхронизировать изучение их параметров.

Чтобы создавать многоуровневые материалы в рамках одной конструкции, в частности, в процессе 3D-печати, нужно уметь управлять структурой и свойствами в разных элементах конструкции. А это требует оптимизации конструкции с точки зрения распределения в ней напряжений и самого материала. Материаловедение должно при этом ответить на вопрос: какие свойства должен иметь материал в разных частях конструкции.

Сложная конструкция, которая работает в реальных условиях, подвержена различным ударам, вибрациям, периодическим нагрузкам. Естественно,

Сам по себе материал уже не интересен, его рассматривают применительно к конструкциям, изделиям, механизмам

возникают взаимозональные резонансы в различных местах. В целом конструкция может быть нагружена ниже пределов своей прочности, но из-за особенностей вибрационных нагружений в каком-то ее узле резонансно могут возникнуть напряжения, превышающие в этом месте предел прочности. Тогда конструкция просто сложится и рухнет. Знание этих вещей очень важно, особенно для сложных объектов транспортного и космического назначения. В мире все автомобили уже проходят такое цифровое тестирование.

Одним из элементов нового подхода к разработке материалов является широкое использование так называемого динамического моделирования (одной из составных частей современных САПР). Оно позволяет моделировать в цифровой форме процессы, происходящие в материалах, используемых в проектируемом изделии. Тем самым резко сокращается время, необходимое для проектирования материалов и изделий, масштаб и количество испытаний. Поэтому неслучайно, что один из созданных в США центров, посвящен именно этой проблеме: Центр теоретического и вычислительного материаловедения.

Интеллект побеждает и в материалах

В первые десятилетия XXI века обозначились новые тенденции развития конструкционного материаловедения для машино- и приборостроения, основными направлениями которого становятся функциональные и интеллектуальные материалы.

«Функциональные материалы могут быть определены как материалы, свойства которых организуют или конструируют таким образом, чтобы они могли удовлетворить конкретному назначению (исполняемой функции) контролируемым способом. В качестве примера можно привести сплавы с памятью формы — это металлические сплавы, которые после предварительной деформации при нагреве способны вернуться к первоначальной форме». Не являясь живыми существами, эти металлы проявляют своеобразную память. Это находит применение в самых разных сферах. Например, в медицине в стентах, которые

вводятся с помощью катетера в сосуды кровеносной системы в виде прямой проволоки, после чего те приобретают необходимую спиралевидную форму. В основном для создания таких сплавов используют никелиды титана.

«А интеллектуальные материалы могут контролируемым образом изменять свои свойства в ответ на изменения окружающей среды, информировать о том, в каком состоянии находится конструкция, каковы предельно допустимые деформации, каким образом изменить поверхность, форму материала, чтобы обеспечить минимальный уровень напряжения. Наконец, это материалы, которые обладают способностью в зависимости от условий эксплуатации менять пространственное расположение конструкции. То есть материал подстраивается под условия эксплуатации конструкции, как это происходит, например, у птиц, которые никогда не срываются в штопор, потому что у них так работают крылья и перья, что в любой момент создаются наиболее благоприятный угол обтекания и необходимая оптимальная площадь поверхности». Перед наукой о материалах стоит задача создать такие материалы, которые за счет изменения состояния несущих поверхностей летательного аппарата обеспечат его устойчивость. Поверхность должна быть активной и противодействовать внешним воздействиям. Это сейчас главное направление всех работ в области создания новых конструкций летательных аппаратов.

Благодаря применению интеллектуальных материалов второго поколения конструкция получает как бы центральную нервную систему, способную чувствовать ее состояние, сигнализировать о проблемах, давать команды органам управления, а использование материалов третьего поколения обеспечит конструкцию мышечной системой.

«Разработка интеллектуальных полимерных композиционных материалов (ПКМ) второго поколения с функциями адаптации к аэродинамическим и другим нагрузкам со встроенными сенсорами, а также ПКМ третьего поколения с изменяемой геометрией поверхности за счет введения элементов с памятью формы — одни из основных направлений развития материаловедения, которые приближают создание андроидных конструкций»,

Хотя композиционные материалы пережили свой бум, их использование еще не стало рутинной. Одно из важнейших направлений научных разработок — увеличение прочностных характеристик углеродного волокна, на основе которого изготавливаются конструкции в авиации и космонавтике, что позволит резко сократить вес летательных аппаратов.

«Другим важнейшим направлением разработки композиционных материалов является повышение их термомеханической стойкости, которое стало побудительным мотивом для разработки композитов на основе матрицы SiC-SiC. Они характеризуются сверхвысокой стойкостью при термоциклических нагрузках в продуктах сгорания топлива и обладают эффектом самозалечивания микродефектов и восстановления до 100% исходных механических характеристик. Без этого материала невозможно создать новые конструкции в гиперзвуке, увеличении тяги двигателя».

Композиционные углепластики широко задействованы в авиации и ракетостроении. Предел прочности лучших образцов углеродных волокон, которые в настоящее время используются для изготовления композитов, составляет 5–7 Гпа. В настоящее время в мире, в первую очередь в США и Китае, ведутся работы по достижению величины предела прочности в 10–14 Гпа, что позволить резко улучшить прочностные и весовые характеристики летательных аппаратов. Это будет преимуществом в аэрокосмической области.

Композиционные материалы сейчас переживают еще одно технологическое новшество: использование аддитивных технологий. Здесь также есть очень большие ожидания и большие перспективы. «Материалы для 3D-печати стали еще одним важнейшим направлением науки о материалах. Это и органика, и керамика, и металлы. Металлические изделия, напечатанные на 3D-принтерах, по своим свойствам: плотности, остаточному напряжению, механическому поведению, неравновесной микроструктуре, кристаллографической текстуре — отличаются в лучшую сторону от изделий, изготовленных литьем, методами деформации и механической обработкой».

Новая электроника требует новых материалов

Еще больше инновации при разработке новых материалов характерны для электронного материаловедения, в основе которого также лежат многоуровневые подходы. Эти материалы заведомо многосоставные, им можно, используя чередование слоев и изменение их толщины, диктовать новые свойства, которых в природе не существовало.

Одна из самых больших проблем человечества заключается сейчас в том, что количество микропроцессоров в мире растет безумно быстро, со скоростью, во много раз превышающей ту, с которой растет население Земли. Эти микропроцессоры обладают все большим быстродействием, но при этом потребляют все больше электроэнергии. Именно поэтому почти во всех компьютерах, лэптопах перешли к мультиядерным процессорам. Ведь даже если бы был создан один процессор с таким быстродействием, от него просто было бы невозможно отводить выделяемое тепло. И сейчас перед разработчиками нового поколения микроэлектроники очень остро стоит вопрос о создании быстродействующих устройств, которые выделяют мало тепла.

Основными направлениями нового материаловедения становятся функциональные и интеллектуальные материалы

«Из материалов, которые рассматриваются в качестве возможной замены традиционному кремнию, самыми перспективными являются арсенид галлия, нитрид галлия, оксид цинка и другие материалы, получаемые соединением элементов III и V групп периодической системы, так называемые соединения

AIIIBV, на основе которых создаются не только традиционные полупроводниковые приборы, но и изделия, работающие в терагерцевом диапазоне излучения, достаточно новом для электроники».

В ходе поиска технологий с целью получения материалов с новыми свойствами было обнаружено, что они могут быть получены рисованием и последующим вытравливанием определенных рисунков на поверхности материалов, которые имеют определенный размер и форму. Изменение формы ведет к изменению индуктивности и емкости всей структуры. В результате меняются магнитная и диэлектрическая проницаемость новых объектов, образуются, так называемые метаматериалы с уникальными свойствами по отражению в разных диапазонах длин волн.

Перспективы на завтра

«Поиск новых принципов работы и материалов, на которых можно было бы построить такие устройства, заставил физиков и электронщиков обратить внимание на так называемые киральные материалы. Особенность заключается в том, что вместо электронов эффективными носителями заряда и энергии в них являются квазичастицы, которые ведут себя так, как будто являются безмассовыми и обладают свойствами, подобными сверхпроводимости».

Самый знаменитый пример кирального материала — графен. Но уже ясно, что графен в этом смысле не уникален. Это и так называемые силицены, и топологические изоляторы, и вейлевские полуметаллы. И хотя в использовании графена разработчики микроэлектроники продвинулись мало, поскольку это очень нетехнологичный, по крайней мере, пока, материал, с ним связывают большие надежды.

«Крупным событием в материаловедение конца XX — начала XXI века стало освоение принципов звездообразного синтеза, при котором реагенты соединяются по фрактальному типу в гигантскую молекулу — дендример*. Прогнозируется, что полимерные дендримеры на базе полисопряженных молекул могут служить молекулярно-энергетическими антеннами, собирающими энергию оптического (в том числе солнечного) возбуждения и преобразующими ее в фототок.

С фуллеренами связывают самые смелые прогнозы. Вызывает интерес их полимеризация с сохранением сферических каркасных элементов (путем сшивания), Предсказывают, что такие полимеры будут иметь высокую электронную емкость, что позволит использовать их в источниках тока и аккумуляторах».

«Среди других направлений использования фуллеренов следует отметить модифицирование с целью получения материалов для микроэлектроники, а также синтез металлоорганических и органических комплексов на базе фуллеренов для использования в качестве сверхпроводников. Так, обнаружено, что фуллериды M3C60 и M2M'C60 являются сверхпроводниками. Замечательной особенностью сверхпроводящих фуллеридов является зависимость температуры сверхпроводимости от параметра кристаллической решетки».

Крупным событием в современном материаловедении стал синтез цилиндрических углеродных нанотрубок (диаметр ~100А), которые построены по тому же принципу, что и фуллерены. Все эти достижения легли в основу нового направления — материаловедения наноматериалов, от которого ждут революции во многих отраслях науки и промышленности: электронике, биологии, медицине, водородной энергетике и многих других.

Позиции России

В области науки о материалах и в царской России, и в советское время, и в постсоветское время, Россия и Советский Союз — выглядели и выглядят неплохо. Отметим характерные примеры разработок по некоторым направлениям науки о материалах в российских научных учреждениях в настоящее время.

Многоуровневый подход к созданию и исследованию материалов развивается в России с 80-х годов прошлого века, в первую очередь, в двух центрах. В Объединенном научно-технологическом институте (ОНТИ) Санкт-Петербургского политехнического университета и в томском Институте физики прочности и материаловедения Сибирского отделения РАН, которые занимают ведущие позиции по этой тематике в мире.

В этих же центрах и во Всероссийском институте авиационных материалов ведутся разработки функциональных и инновационных материалов. В ВИАМе имеются большие достижения мирового уровня в области технологии производства монокристаллических лопаток из жаропрочных никелевых сплавов и интерметаллидных сплавов на основе алюминидов никеля, в композиционных материалах на основе SiC-SiC, разработке металлических порошков для 3D-технологий.

Выдающиеся достижения в области материалов для ядерной отрасли у ВНИИНМ им. А.А. Бочвара, и у ЦНИИТМАШа.

Традиционно у России, несмотря на все проблемы, имеются серьезные достижения в материалах черной и цветной металлургии.

В Институте новых углеродных материалов и технологий, в НПО «Унихимтек», в компании «Технониколь» ведутся серьезные исследования и выпускаются самые современные материалы мирового уровня для ЖКХ и строительства: различные углеродные материалы с низкой плотностью, углепластики, высокотемпературные огнезащитные и базальтовые материалы. В компании РУСАР выпускают арамидные волокна. В уральском НИИ композиционных материалов высокого уровня ведутся работы по углерод-углеродным композитам.

В то же время наши эксперты, отмечают отставание России в области полупроводниковых материалов, особенно нового поколения, которое обусловлено недостаточным уровнем технологической оснащенности и культуры. Тем не менее они же отмечают, что в ряде научных центров ведутся серьезные работы в области таких материалов. ■

**Макромолекула с симметричной древообразной с регулярными ветвлениями структурой*

БИОТЕХНОЛОГИИ И МЕДИЦИНА

Продление жизни и замена органов

Старение населения планеты называют одним из главных мировых вызовов. На глобальном уровне средняя продолжительность жизни, по данным ООН, выросла с 47 лет в 50-е годы прошлого века до 65 лет к началу нового века. В США средняя продолжительность жизни — 79 лет, в Монако — 89. И эта планка постоянно повышается. В развитых странах население значительно старше, чем в развивающихся. Однако, по прогнозам, к 2050 году на долю развивающихся стран будет приходиться 79% людей старше 60 лет. При этом прогнозируется, что там будет происходить ускоренное старение в связи со снижением рождаемости, в частности, в странах Восточной Азии и Латинской Америки.

Увеличение продолжительности жизни связано в основном с новыми технологиями медицины, позволившими лечить, выявлять и предупреждать многие заболевания.

При этом за стареющим населением все труднее поспевать пенсионным и страховым фондам. В частности, значительный рост расходов на здравоохранение в мире (к примеру, в США с 13,4% ВВП в 2000 году до 17,9% в 2012 году, прогнозируется, что к 2022 году он увеличится до 20%) во многом связывается с демографическим фактором: стареющее население больше болеет, а затраты на пожилых людей возрастают с каждым годом их жизни.

Старение населения вследствие старения рабочей силы превращается в тормоз экономического роста. Считается, что это одна из причин стагнации экономики одной из самых «старых» стран мира Японии. Проблема может быть преодолена отчасти за счет повышения производительности труда.

Старение населения чревато дефицитом рабочей силы, уменьшением ВВП, увеличением бремени социальных выплат

Пока экономисты думают, как в краткосрочный период развитые страны могут добыть рабочую силу за счет миграции из развивающихся стран или роботизации производств, как отодвинуть пенсионный возраст и улучшить производительность труда, наука пытается решить вопросы продления активной жизни, профилактики и лечения возрастозависимых заболеваний. «Сейчас происходит колоссальный бум вокруг генетики, и можно прогнозировать, что года через два мы увидим бум в генетике антистарения. Сейчас этой темой интересуются авангардные инвесторы типа Google Ventures или Peter Thiel. И когда через пару лет их стартапы будут приближаться к практической медицине, к этой теме начнут подтягиваться более консервативные инвесторы». Кстати, вдохновленный открытиями в большой биологии глава Google Ventures считает, что в ближайшие годы появятся супертехнологии, которые вообще позволят жить до 500 лет. Более прагматичные инвесторы говорят о планке 130–150 лет.

В России есть несколько компаний, которые решают вопросы активного долголетия. Они занимаются поиском новых геропротекторных препаратов

и переориентацией уже существующих с помощью математического моделирования, основанного на огромной базе данных: геномных, транскриптомных, протеомных, сигнальных путей. Некоторые из них уже успешно показали себя на крупных международных конференциях.

«Мы, в первую очередь, решили заняться тем, что лежит на поверхности и не требует десятков лет разработок, — говорит один из наших собеседников. — Мы выявляем хорошие геропротекторные свойства у уже существующих лекарственных препаратов, прошедших исследования на безопасность. Это первое, что сможет значительно повлиять на продуктивное долголетие». Используя мощные ресурсные базы в дальнейшем можно также определять механизмы или сигнальные пути, что приведет к созданию новых препаратов.

Захватывающие перспективы открываются на границе слияния информационных технологий с наукой, индустрией и социальной сферой

Следующий этап развития области продления активного долголетия лежит в области регенеративной медицины — разработки новых тканей и органов. Сейчас апробируется немало способов, которые применяются в лаборатории. По большей части речь идет о выращивании тканей и органов из клеток пациента на искусственных каркасах. Эти технологии будут доступны в ближайшие 10–15 лет.

Клеточные технологии получили мощный толчок, когда японец Шиньи Яманака в 2006 году опубликовал результаты своей работы, в которой ему удалось перепрограммировать взрослые клетки кожи в клетки со свойствами эмбриональных стволовых. Они могут направленно дифференцироваться в разные клетки организма, что делает их чрезвычайно перспективными. Эти клетки назвали iPS cells — индуцированными плюрипотентными стволовыми клетками (ИПСК).

Перепрограммирование клеток журнал Nature назвал одним и самых значимых прорывов в науке последнего десятилетия. «Это вызвало волну исследований и разработок. Это совершенно замечательное открытие. Оно означает, что мы можем сегодня для каждого человека получать плюрипотентные стволовые клетки и из них делать для этого человека персональные тканевые либо клеточные препараты, чтобы, например, использовать их в целях регенеративной медицины». Наши компании тоже ведут разработки в области клеточных технологий.

В прошлом году в Японии была проведена первая операция по имплантированию сетчатки глаза, полученной с помощью iPS cells 70-летней женщине. Совмещение индуцированных плюрипотентных клеток с биосовместимыми каркасами позволит, по мнению ученых, созданию здоровых органов и тканей.

На стыке биологии, физики, инженерии создаются бионические органы, которые помогут возвращению к нормальной жизни многих людей. Уже опробованы бионические руки, глаза, уши, синтезаторы речи. Ученые проводят массу исследований, которые позволят в будущем «починить» с помощью чиповых имплантов мозг, улучшить память.

Генная терапия

Еще одно перспективное направление — развитие и клиническое внедрение генной терапии. «По уровню интереса к этой области, основанному на большой ценности для человека, генная терапия может обогнать “айтишные” технологии. Главное, что в руках у исследователей уже появились инструменты, которые дают надежду на сверхбыстрое развитие технологий. Я не удивлюсь, если это произойдет уже в ближайшие 5–10 лет».

Генная инженерия развивается уже много десятков лет, но до недавнего времени была делом трудоемким и дорогостоящим. Манипулирование с генами проводилось в чашке Петри, при этом не было уверенности, что нужные манипуляции проделаны в нужном месте. Ученые мечтали о том, что можно будет вносить какие-то изменения в геном живой клетки. В последние годы появились процессы, которые к этому приближали, но в 2013 году настоящую революцию произвела технология редактирования генома, основанная на системе CRISPR/Cas9. «Этот механизм возник благодаря изучению иммунитета бактерий. Бактерия встраивает в свой геном кусочек ДНК вируса, который на нее нападает, и потом по этому кусочку в следующий раз узнает вирус и убивает его. Это как память, которая передается по наследству».

Механизм такого иммунитета бактерий связан с последовательностью, названной CRISPR. «Бактериальную иммунную систему научились внедрять в живую человеческую клетку, где она может гарантированно узнать “опечатку” в гене и уничтожить ее». Предполагается, что в первую очередь исследователи направят свои усилия на борьбу с раком. Но в принципе система теоретически способна справляться с множеством генных заболеваний, вырезая плохие гены и вставляя на их место правильные. Сейчас эти технологии уже испытываются на животных. Ученые предполагают, что клинические исследования на людях, находящихся в терминальных стадиях болезней, могут начаться уже в самое ближайшее время.

«Знания в этой области растут по экспоненте. И важно начинать с этим работать уже сейчас. Я знаю многие лаборатории в мире, работающие по новым технологиям CRISPR или по созданию химерных антигенных рецепторов, через лет 15 это уже будет в практической медицине. Но сейчас, увидев, какой эти технологии дают прогресс, все включаются». В России уже выпущен на рынок геннотерапевтический препарат собственного производства против ишемии нижних конечностей.

Биоинформатика

Современная биология стала производителем беспрецедентно огромных объемов экспериментальных данных, осмысление которых невозможно без привлечения современных информационных технологий

и эффективных математических методов анализа данных, моделирования биологических систем и процессов. Прогресс человечества в XXI-м веке будет неразрывно связан с биологией и информатикой. Ответы на многие глобальные вызовы, стоящие перед современной цивилизацией, критическим образом зависят от развития этих наук, их взаимодействия и использования достижений.

«Я убежден, что у продвинутых вычислительных аналитических платформ колоссальное будущее в любой индустрии. В том числе в науке и медицине, — говорит один из экспертов. — Создаются различные вычислительные платформы, в частности для поиска эффективных препаратов в онкологии». К примеру, в систему «Онкофайндер» были включены данные экспрессии почти 10 тысяч вовлеченных в рак генов из огромного количества образцов, около 300 известных на сегодня сигнальных путей и около 300 метаболических путей (например, биосинтеза или распада веществ внутри клетки).

Синтез этих данных позволил выяснить, какие сигнальные пути в конкретном случае усилены, какие ослаблены и насколько. Специально созданный алгоритм сводит все это огромное количество данных к понятной информации. Результат вычислений может подсказывать, на какую мишень или мишени в первую очередь нужно действовать. Так же можно оценить, насколько успешна применяемая терапия. Есть российские системы более широкого действия, работающие не только с раком, но и с другими возрастозависимыми заболеваниями. В процессе создания интеграционные платформы, аккумулирующие данные о долгожителях, помогающие консультироваться с лучшими врачами и узнавать лучшие практики.

Эксперты удивляются, что сфера математического моделирования, биоинформатики, которая сейчас серьезно разогревается во всем мире, в России не является приоритетом. «Это как раз та область, которую бы нам можно было ухватить: нужны только умные головы и компьютеры. Огромные массивы данных находятся во всем мире в открытом доступе. Россия вполне могла бы превратиться в информационно-аналитический хаб, узел обработки сложных и больших данных. Для этого ничего не нужно импортировать или экспортировать. И сюда бы стали подтягиваться корпорации и ученые из разных областей индустрии и медицины, чтобы пользоваться такими услугами. У нас есть отличные специалисты, а в мире есть корпорации, которые этим интересуются».

Россия может сыграть на создании аналитических вычислительных хабов, которыми будут пользоваться представители всего мира

Поддерживая на хорошем уровне базовую науку в той ее части, где она становится прикладной, нужно фокусироваться на областях, где у нас есть заделы, где мы можем стать конкурентоспособными и формировать запрос на инновации. «Нужно выбирать конкретные точечные индустрии, через которые можно, во-первых, конкурировать, во-вторых, коллаборировать и кормиться на тех данных, которые генерирует Запад. Представьте себе, что они поле засеяли, вспахали, у них уже взошла пшеница, и мы можем совершенно бесплатно получить урожай. И на этих данных мы можем работать». По словам экспертов, помимо биоинформатики Россия могла бы развивать клеточные и генетические технологии. Конечно, мы не можем делать это в таких масштабах, как в США, Европе, Японии, но у нас вполне способны появиться точечные прорывы. ■

ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (ИКТ)

Один из важнейших феноменов современного мирового развития, имеющий техническое, естественнонаучное, социальное, политическое и военное измерение, это развитие киберпространства. Инновационная волна в сфере ИКТ, начавшаяся еще в 60-е годы прошлого века, получает новую жизнь. Информационные технологии уже стали платформой любого развития: и в науке, и во всех отраслях экономики, и в обороне. Интернет и мобильные устройства породили новые способы социального взаимодействия, которые изменяют общество. Объем информации, доступный в режиме онлайн любому жителю Земли, находящемуся в зоне покрытия мобильной связи, увеличился на несколько порядков и продолжает расти.

Пересечение с реальным миром

Сам факт появления киберпространства, его очень быстрого развития, усложнения, диверсификации является очень большим вызовом. Новый тренд, с которым нам предстоит существовать в ближайшее десятилетие, — это всеобщая сенсоризация, интернет вещей, когда устройства общаются друг с другом и принимают разумные решения без непосредственного участия человека. «Сейчас происходит революция просто безумного размера. Она везде: в авиации, в энергетике, в информационных технологиях, в связи, в медицине, в автомобилестроении, где угодно. Все перспективные зоны для развития экономики находятся сейчас на пересечении информационных технологий и реального мира».

Этот новый шаг в развитии отраслей был бы невозможен без существенного прогресса в микроэлектронике, достигнутого в последнее десятилетие. В целом решилась проблема размера, цены, объема памяти, скорости, энергопотребления элементной базы. Появилась возможность интегрировать информационные технологии во что угодно.

Действительно, автомобиль становится компьютером на колесах, причем главные усилия

Новый тренд — всеобщая сенсоризация, интернет вещей, когда устройства начинают общаться друг с другом и принимать разумные решения без непосредственного участия человека

производителей направлены на то, чтобы с помощью сенсоров коренным образом повысить безопасность участников движения. Похожий тренд и в авиации: разрабатываемые сейчас смарт-системы минимизируют ошибки и снижают риски при управлении самолетом (поиск неисправностей в полете, онлайн-подключение в воздухе к базе данных отказов, сокращение времени простоя на Земле и т. д.).

Революция в энергетике — приход «умных сетей» (Smart Grid), систем интеллектуального распределения энергопотоков, способных моментально направлять энергию туда, где есть потребность, интеграция в общую сеть тысяч малых источников энергии. Все это становится возможным только благодаря инновациям в ИТ-сфере. По предварительным оценкам, внедрение Smart Grid на всех уровнях — от магистральных сетей до домохозяйств — снизит потребление энергии в два раза, и основную роль в этом процессе будут играть математики и программисты.

Прогресс в сфере обработки больших массивов данных должен привести к качественному скачку в области ранней диагностики большинства опасных заболеваний, прогнозирования эпидемий. Генная инженерия, проектирование новых биологических объектов, несомненно, будет требовать полного инструментария информационных технологий. Существенный сдвиг в точности прогноза погоды ученые ожидают от сенсоризации в сочетании со все более мощным суперкомпьютингом. Революция достигнет и малого бизнеса — швейные роботы, изготавливающие одежду и обувь по лекалам конкретного человека, станут обычным явлением и, возможно, заменят безликое массовое производство.

Глобальные изменения происходят и внутри ИТ-сферы. Появление облачных и мобильных технологий влечет за собой реинжиринг фактически всех программных систем, созданных в последние 30 лет, разрушение монополии той или иной базовой технологии. По мнению некоторых экспертов, мир подошел к конечной точке максимальной глобализации, новая волна повлечет всплеск локальных технологий и решений.

Пришла эра «больших данных», требующая новых алгоритмов и вычислительных мощностей, чтобы обработать на порядок увеличившиеся потоки информации. Как утверждают эксперты, к приходу «интернета вещей», сообщества сенсоров и роботов, в мире не готов никто. «В результате мир придет к новому разделению даже уже не стран, а скорее сообществ, в том числе, возможно, надгеографических, и маргинализации очень значительной части мира», Каковы же позиции России при зарождении этого нового тренда? Сможет ли она избежать маргинализации?

Место России

Чтобы занять весомые позиции в новом киберпространстве, необходимо набрать определенную совокупную мощность его основных элементов: математики, алгоритмов, элементной базы, устройств доступа к сети и сетевого оборудования, суперкомпьютеров и, конечно, стоящего за всем этим человеческого капитала.

Главное технологическое преимущество России — это математическая школа и наличие ИТ-кадров. Именно интеллектуальные ресурсы будут играть основную роль в новой волне. Инжиниринг, а не индустриальное производство станет приносить основную добавочную стоимость. Российские программисты уже участвуют в формировании мирового «квазиискусственного интеллекта». «ПО — единственная технологическая отрасль, где Российская Федерация играет на мировом уровне. Сегодня бренд России на мировом рынке — не Калашников, а Касперский».

Многие математические методы обработки больших массивов информации родились и по-прежнему развиваются в России. Эта научная школа, столь актуальная в эпоху «больших данных», уже породила немало успешных российских частных ИТ-компаний. «Российская школа “больших данных” — третья в мире после MIT и Стэнфорда. Мы выпускаем по 200—300 хороших специалистов в год. Этого достаточно, надо просто сделать все, чтобы они не уехали». Небольшой штрих: самая популярная кафедра во всем МФТИ, на которую стремятся лучшие студенты, — это кафедра «Интеллектуальные системы», где учат именно алгоритмам обработки данных.

Все перспективные зоны для развития экономики находятся на пересечении информационных технологий и реального мира

Тем не менее в России отсутствует единый цикл производства — от компонентов, железа до программного обеспечения, конечного продукта. И это настоящая угроза существованию ИКТ как отрасли. Сложная ситуация с разработкой и выпуском аппаратных платформ, в первую очередь, элементной базы, которая является основой всей технологической цепочки. Если страна не в состоянии спроектировать свои процессоры, она не конкурентна в ИТ, такой консенсус сложился в научно-техническом сообществе. Несмотря на то что в России существует несколько десятков команд с большим опытом и реальными результатами в области электроники, несколько современных производств, заказ от российской промышленности по-прежнему мал и непостоянен.

«Сейчас основной вызов — это даже не деньги. Основной вызов — время», — говорит один из опрошенных экспертов. Основная угроза — это все большее и большее отставание. Есть вероятность, что в какой-то момент наши зарубежные коллеги смогут производить такое оборудование, которое по своим характеристикам будет не только недоступно нам с точки зрения покупки либо производства, но и недоступно с точки зрения его нейтрализации в случае опасности.

«За последние 15–20 лет темпы изменений реально ускорились», — подчеркивает другой эксперт. «Когда ты производишь передовую технику, тебе проще удержаться на пике, у тебя больше технологий, которые ты развиваешь, чтобы произвести

новую конкурентоспособную высокоэффективную продукцию».

Кроме уже известных игроков мирового рынка, существенные инвестиции в развитие элементной базы при активной господдержке делают Китай, Индия, страны Латинской Америки. В России такой комплексной программы пока нет. Экспертным сообществом разработан ряд мер, чтобы качественным образом изменить ситуацию. Первая — определить само понятие отечественного производителя по разным направлениям электроники и техники. Вторая — пересмотреть таможенно-тарифную политику, которая на текущий момент дает преференции тем, кто в России не производит высокотехнологичного оборудования, а только занимается его поставками и перепродажей (так, на компонентную базу в России пошлины есть, а на готовые изделия по многим позициям — нет). Третья — изменение Федеральных законов № 44-ФЗ и 213-ФЗ, где при закупках, прежде всего, за государственные деньги, должна даваться не просто преференция, а возникать обязанность покупать у отечественного производителя.

Следующая, вытекающая отсюда проблема, — отсутствие производства средств производства, в частности, электронного машиностроения. Это еще более сложная задача, чем налаживание производства конечной продукции. Опрошенные эксперты не смогли дать четкий рецепт решения этой проблемы, пока выход здесь лишь в усилении международной кооперации.

В области элементной базы, высокотехнологичного оборудования и сервиса Россия в ближайшее время не сможет стать игроком №1, но занять свою нишу на достойной позиции — это решаемая задача. Эксперты называют самые эффективные направления развития российских технологий, все они подразумевают наличие внутреннего заказчика: модернизация энергетики на основе смарт-грид, машиностроения на основе advanced manufacturing, здравоохранения на основе digital health и персонализированной медицины.

Главное технологическое преимущество России — математическая школа и наличие ИТ-кадров

Мягкая сила

Угроза новых технологических ограничений для России по импорту западных технологий мобилизует наши усилия. Тем не менее опрошенные эксперты не высказывали серьезных опасений по поводу грядущих или уже имеющихся санкций. «Мы живем в таком мире, в котором если не делать глупостей, делать умно, не так просто это все перекрыть». Ограничения на импорт иностранных технологий существовали для России почти всегда, и шаги по предотвращению негативных последствий известны: выделить небольшую группу критических технологий и концентрировать человеческие и финансовые ресурсы именно на ней.

Необходимо найти баланс между высокотехнологичными продуктами, которые возможно разрабатывать только в России, и интеграцией в мировую цепочку разделения труда. В настоящее время любые меры по закрытию технологий, желание сделать все самим приведут только к потере времени и нерациональному расходованию средств.

России, наоборот, надо увеличивать экспансию своих интеллектуальных ресурсов, только не в виде утечки мозгов и технологий (технологии — то же сырье), а виде экспорта готовой продукции, стандартов, патентов. В мире сейчас немало программных продуктов, которые начинались в офисах российских разработчиков, но в итоге перешли к глобальным компаниям, увы, не российским. Необходимо пестовать российские компании, которые работают для всего мира («Сухой», «Касперский» и пр.), выращивать национальных игроков и поддерживать их выход на внешние рынки, чтобы они имели шанс превратиться в глобальных «чемпионов».

«Настало время переходить от оборонительного сознания к мировому влиянию мягкой силой». Сейчас же ситуация обратная: огромный интеллектуальный ресурс используется ограниченно, а представителей России вообще нет в международных организациях, принимающих международные стандарты в сфере ИКТ. Необходимо присутствие представителей российского инженерного сообщества в IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers, Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике), IETF (Internet Engineering Task Force, Инженерный совет интернета), W3C (World Wide Web Consortium, Консорциум всемирной паутины). «Вот говорят: интернетом управляет США. А что это значит на самом деле? На самом деле просто большинство стандартов написаны инженерами американских компаний».

Яркий пример — ГОСТ по криптографии. Пока весь мир использует криптографический алгоритм с открытым ключом RSA, разработанный учеными из Массачусетского технологического института (MIT). Эксперты уверены, что многие страны Юго-Восточной Азии, Ближнего Востока, Латинской Америки с удовольствием бы использовали криптографический алгоритм, альтернативный американскому, российский ГОСТ. Но он закрыт для всех. Огромный интеллектуальный ресурс страны не используется.

России следует ориентироваться на новые рынки, для которых пока нет индустриального стандарта (интернет вещей, Smart Grid, индустриальный интернет, интеллектуальные системы управления транспортом, домашним хозяйством, ЖКХ). Стать одним из законодателей мод в этом мире, активно включиться в разработку стандартов — реальный шанс оседлать новую технологическую волну.

Киберугрозы

С массовым распространением интернета возникла проблема кибер- и информационных угроз. Они могут возникать как со стороны государств, так и негосударственных структур, злонамеренно действующих лиц или спонтанно. С приходом мира сенсоров, мира, где человеческие жизни могут зависеть от поведения приборов (и стоящих за ними программных систем), угрозы нарастают. Мир, в котором через интернет можно сломать любую вещь, становится более уязвимым. Свежий пример — в программном обеспечении

самолета Dreamliner производства американской компании Boeing нашли ошибку, потенциально способную привести к катастрофе. Чем более сложным становится киберпространство, тем выше вероятность появления опасных инцидентов, которые будут возникать просто из-за сбоев в работе сверхсложных сетей.

России надо увеличивать экспансию своих интеллектуальных ресурсов, но не в виде утечки мозгов и технологий, а виде экспорта готовой продукции, стандартов, патентов

Возникают новые качества у информационной среды — реальная жизнь все больше соединяется с виртуальной, а значит, возникают и новые типы взаимоотношений людей друг с другом, новые типы психологического воздействия на них. Особенно уязвимы дети и подростки. Миллионы молодых людей по всем миру страдают от интернет-зависимости, и это уже официально признано заболеванием. Интернет-среда несет новому поколению новые угрозы — коммуникационные (к примеру, травля, дурные сообщества, педофилы технические (вирусы, трояны, спам и пр.), транзакционные (мошенничество, списывание денег с телефона, недоставка товара, кража номеров банковских карт), контентные (вредный, недопустимый контент, особенно для детей и подростков — побуждение к суициду, сцены насилия, извращения, пропаганда и распространение наркотиков, религиозной и национальной ненависти и пр., взлом частной переписки).

Киберпростанство становится новым полем для информационных войн. А значит, нужны средства контроля и охраны информационных границ.

Нельзя сказать, что Россия не готова к этим вызовам — наши специалисты в сфере телекоммуникаций и ИТ успешно научились с бороться с большинством существующих в киберпространстве угроз. В России есть отечественные компании, способные отразить существующие атаки как изнутри, так и извне, как на сетевом, так и на информационном уровне. Тем не менее неопределенность будущих форм и методов взаимодействия в киберпространстве настораживает опрошенных экспертов. Одно из предложений — создание междисциплинарного государственного органа, задачей которого будет прогнозирование и разработка превентивных мер по локализации киберугроз будущего.

Несколько шагов на государственном уровне необходимо предпринять уже сегодня. Они касаются в первую очередь обеспечения безопасности интернет-пространства. Эксперты указывают два пути решения: инженерный и политический. Более эффективный, по их мнению, инженерный, основанный на принципах саморегулирования. Необходимо создать единый (может быть, и распределенный) центр обработки информации об инцидентах в интернете, киберугрозах, к которому имели бы доступ все соответствующие регуляторы и операторы/провайдеры услуг. Возможно также софинансирование такого центра со стороны операторов. (В США этим занимаются госорганы, в Европе — НКО, в Китае — полугосударственный центр, в России такого нет).

Что касается политического подхода, то он предусматривает тотальный контроль интернета, объединения трафика в 2–3 узлах. Он является неэффективным, так как при высокой консолидации сеть становится гораздо уязвимее.

Массовое распространение роботов и сенсоров рождает также ряд этических и юридических проблем, которые России, как и всему остальному миру, предстоит решать в ближайшем будущем. Кто будет ответственен за действия беспилотных автомобилей? Насколько нравственно делать роботов, имеющих летальный инструментарий? Междисциплинарный государственный центр должен заняться и этими проблемами. ■

КТО ВИНОВАТ И ЧТО ДЕЛАТЬ?

Оценка существующей научно-технической политики

В целом можно констатировать неудовлетворенность экспертов проводимой сегодня в стране научно-технической политикой. По мнению многих, она не целостна, недостаточно эффективна, не всегда результативна. Неудовлетворенность вызывают, прежде всего, две вещи. Одна — это разрыв между изменениями, происходящими в стране, и развитием технологий в мире. Первые явно не успевают за вторыми.

Вторым основанием для неудовлетворенности служит разрыв между словом и делом, затратами и результатом: «Если посчитать все средства в стране, которые уходят на НИОКР, получится огромнейшая сумма. У нас было много программ, грантов. А где результат? Берешь базу данных, открываешь, смотришь: по отчетам все отлично. А начинаешь разбираться — ничего не поймешь, что сделано, с какими характеристиками».

В качестве одной из причин низкого качества государственного управления эксперты называют низкий уровень квалификации и ответственности сотрудников госаппарата, особенно на среднем уровне. В результате отсутствует готовность к изменениям, теряется скорость при принятии важных решений. «Уже полгода тормозятся согласования формулировки о том, что такое «продукт отечественного производителя». Сплошные проволочки — то, что могло быть сделано за месяц, не делается уже полгода. Конечно, среди чиновников есть продвинутые люди, которым интересно и которые хотят многое сделать. А есть те, которые не очень хотят, либо которым все равно. И из-за этого все стопорится».

Эксперты указывают, что научно-техническую и промышленную политику необходимо разрабатывать, отталкиваясь, с одной стороны, от конкретных задач реального сектора, а с другой — от понимания долгосрочной перспективы. «Вся система госуправления сегодня мотивирована исключительно на решение сиюминутных нужд. Она даже насчет завтрашнего дня не задумывается, не то что насчет послезавтрашнего». Правда, для понимания долгосрочных технологических трендов государству предстоит организовать серьезную работу по формированию видения будущего и овладеть современным инструментарием прогнозирования и планирования.

> ***Санкции и другие ограничения на поставку в Россию высокотехнологических решений — это всерьез и надолго. Эту новую реальность надо закладывать в планы технологического развития страны***

Прогнозирование

Эксперты указывают, что надо не только прогнозировать развитие существующих рынков и отраслей, но и

смотреть «за горизонт», пытаясь определить будущие рынки, на которых Россия могла бы конкурировать с сегодняшними лидерами. «В мире сейчас происходит глобальная перестройка. Возникают новые идеи, которые позволяют странам “второго эшелона” выйти на первые позиции. В каждом из этих направлений нужно найти пару приоритетов, которые могли бы стать принципиальными новыми гринфилдами, разовьются в лидеры».

Определенная работа в этом направлении сегодня разворачивается в ходе работы по формированию Национальной технологической инициативы (НТИ). Предложение о ее разработке было высказано президентом России Владимиром Путиным в послании Федеральному собранию 4 декабря 2014 года: «На основе долгосрочного прогнозирования необходимо понять, с какими задачами столкнется Россия через 10–15 лет, — сказал президент, — какие передовые решения потребуются для того, чтобы обеспечить национальную безопасность, высокое качество жизни людей, развитие отраслей нового технологического уклада».

В настоящее время идет напряженная интеллектуальная работа по определению направлений реализации этой инициативы на базе Агентства стратегических инициатив. «АСИ сейчас пытается построить матрицу, в которой рынки пересекаются с технологиями. Мы хотим первичными считать рынки, а не технологии. Потом на этой основе появятся дорожные карты, которые должны включать в себя уже конкретные заказы на новые разработки».

Если НТИ рассчитана на относительно отдаленную перспективу 10–15 лет, то в среднесрочном плане ее дополняет работа по формированию перечня Национальных вытягивающих проектов (НВП). Она ведется в соответствии с поручением председателя правительства РФ Дмитрия Медведева от 6 августа 2014 года разработать «национальные проекты с высокой инновационной составляющей». «НВП — это о том, как модернизировать существующие отрасли на основе самых современных технологий. Это то, что можно и нужно делать сегодня, чтобы получить результат через 5 лет. Сейчас готовятся проекты в энергетике, машиностроении и, возможно, медицине. Модернизация энергетики на основе смарт-грид, машиностроения — на основе advanced manufacturing, здравоохранения — на основе digital health и персонализированной медицины».

Санкции и импортозамещение

Что касается инструментария осуществления краткосрочных задач, то сегодня в его качестве выступает политика «импортозамещения». Внешние обстоятельства поставили Россию в ситуацию, когда решать эти вопросы приходится оперативно, в текущем режиме. Тем не менее, несмотря на остроту задачи, эксперты сходятся во мнении, что санкции и другие ограничения на поставку в Россию высокотехнологических решений — это всерьез и надолго. «Я уверен, что это долгосрочный тренд. Не думаю, что санкции будут нарастать, но и не верю в то, что в ближайшее время их снимут. Я думаю, ситуация будет заморожена в таком состоянии на годы». Поэтому эксперты считают, что надо закладывать новую реальность в планы технологического развития России.

Что касается конкретных выводов из ситуации с введением санкций против России, то первый состоит в постепенном воссоздании или расширении отечественного производства, прежде всего в наиболее уязвимых направлениях. При этом эксперты критически оценивают возможность достижения быстрых результатов в этом направлении, отводя на достижение высокой степени самообеспечения от 5 до 10 лет.

Иллюзии, что можно дружить со всем миром, развеялись, но есть понимание невозможности технологической автаркии. Поэтому второй вывод заключается в необходимости формирования более диверсифицированного, чем прежде, круга партнеров по технологическому развитию, а также расширения их числа.

Необходимо развернуть несколько «больших проектов» с учетом национальных приоритетов. Для этого потребуется восстановить навыки по управлению «большими проектами»

В-третьих, надо пытаться создавать тесные кооперационные связи с зарубежными производителями с высокой степенью взаимозависимости, чтобы введение санкций больно било не только по нам, но и по всей технологической цепочке. «Мы от полной закрытости Советского Союза качнулись в сторону абсолютной открытости: деньги есть — все купим, и не нужны нам умные инженеры, главное — наделать финансистов. Чрезмерно далеко ушли в этом направлении. Теперь нужно восстанавливать баланс. Только не надо опять строить СССР!»

Несмотря на понимание важности кооперации с другими странами, входя во все эти партнерства, надо стараться занимать в них место участников, обладающих уникальными компетенциями. Это повысит интерес других стран к формированию таких партнерств и одновременно даст больше уверенности России в своих силах. «Да, мы должны быть интегрированы, но при этом критические вещи требуется разрабатывать и производить сами».

Большие проекты

Главный вопрос сегодня в том, как сформировать уникальные компетенции. В качестве одного из ответов на него многие эксперты назвали необходимость разворачивания нескольких больших проектов с учетом национальных приоритетов. Когда-то именно таким путем Советскому Союзу удалось совершить прорыв в столь высокотехнологических областях, как космос и ядерная энергия, создать мощнейшие технологические заделы, используемые до сих пор.

Однако в этом направлении сразу появляются вопросы, связанные с обеспеченностью таких проектов

ресурсами и вероятностью высокого риска выбрать ошибочные приоритеты. «Проблема в амбициозных проектах, обеспеченных ресурсами. Я полагаю, что определенное количество людей с удовольствием бы в такие проекты пошло, но задача должна быть очень четко сформулирована». Кроме того, за последние годы была утеряна квалификация по управлению масштабными проектами и по научно-техническому прогнозированию.

Необходимо восстанавливать навыки по управлению большими проектами. В этом контексте некоторые эксперты вспомнили о таких, например, мероприятиях, как организация Сочинской Олимпиады или проведение саммита АТЭС, где, в том числе, отрабатывались навыки по организации сложных масштабных проектов в современных условиях с участием разнообразных самостоятельных субъектов хозяйственной деятельности. Сейчас на роль такого проекта выдвигается освоение Арктики и Дальнего Востока.

Государственное управление

Сегодня одной из сложнейших задач, определяющих перспективы научно-технического развития России, является поиск организационных форм и систем управления, позволяющих эффективно реализовывать технологические проекты большего и меньшего масштаба. По мнению многих экспертов, именно решение этой задачи сегодня становится приоритетом. Они утверждают, что она в среднесрочном плане даже более значима, чем правильный выбор направлений технологического развития.

Прежде всего, нужно выстроить систему реализации технологической политики на государственном уровне. Эксперты сходятся во мнении, что сегодня этой теме уделяется недостаточно внимания. Некоторое время назад казалось, что тема технологической политики, перехода к инновационному пути развития начала осознаваться нашей элитой как приоритетная. Однако в последние годы на первый план вышли внешнеполитические и общеэкономические проблемы. Более того, было принято такое неоднозначное решение, как реорганизация РАН, много вопросов вызывают изменения в системе высшего образования. Необходимо вернуть науку, технологии и инновации в фокус государственной политики.

Активно обсуждается вопрос о необходимости создания какого-то центра, органа управления технологическим развитием. Одни полагают, что это должно быть отдельное федеральное ведомство, агентство, по типу существовавшего в СССР Госкомитета по науке и технике (ГКНТ). Другие выражают сомнение в эффективности такого органа. Но все соглашаются, что необходимо на порядок улучшить систему координации деятельности в этой сфере. «ГКНТ можно создать, а можно и не создавать. Все зависит от того, какие полномочия у него будут, какие люди там станут работать. Но должна быть координация, система коллективной ответственности, коллективной отработки. Потому что пока ключевая проблема — отсутствие координации и общей ответственности». При этом замыкаться работа должна на авторитетного государственного деятеля, облеченного доверием первых лиц страны и располагающего определенным объемом ресурсов для решения поставленных перед ним задач.

Ставка на конкретных лидеров

Вопрос о важности сдвига внимания в государственной политике от создания институтов (чем мы занимались все последние годы) к формированию проектов и далее к конкретным людям, которые этими проектами будут руководить, возникал в ходе интервью неоднократно. Речь идет не только о руководстве технологической политикой на верхнем уровне, но и об осуществлении отдельных проектов.

Многие апеллировали к советскому прошлому, вспоминая Королева и Курчатова, институт генеральных конструкторов в целом. Эксперты считают, что без перехода к индивидуальной работе по выявлению, отбору, выращиванию таких руководителей, технологические прорывы невозможны. «Наши прорывы были, потому что были Курчатов, Королев, Капица и Лаврентьев, а не организации, не институты, не экспертные советы, не коллегиальные органы управления. Все они в наших условиях работают исключительно на снятие и размытие ответственности».

Надо сказать, что попытки начать индивидуальную работу с выдающимися техническими специалистами уже предпринимаются. В январе 2015 был опубликован указ президента РФ об основании института генеральных конструкторов по созданию вооружений, военной и специальной техники. «Генеральные конструкторы возглавят работу по созданию стратегически важных систем вооружения и, соответственно, получат широкие полномочия по ресурсному обеспечению проектов. Предполагается, что таких конструкторов будет не более двадцати, — отметил глава государства, представляя этот указ. — Статус и персональная ответственность генерального конструктора заметно повышаются»*.

> ***Пора переходить к индивидуальной работе с потенциальными руководителями крупных технологических проектов. Создание института «генеральных конструкторов» в сфере ВПК — шаг в этом направлении***

Разумеется, ставка на сильных лидеров невозможна без их высокой личной ответственности за результат. Но, одновременно с жестким спросом за выполнение поставленных задач, должен быть предусмотрен и механизм мотивации, причем не обязательно материальной. Для таких руководителей сильной мотивацией будет возможность реализации сложного проекта, предоставление им высокой степени свободы, передача в их руки широких

** Сайт президента РФ. http://www.kremlin.ru/events/president/news/47493*

полномочий и ресурсов. «Это должно быть пакетное предложение. То есть тебе предлагают задачи, ты должен сформулировать проект, и ты соглашаешься на него. Ты получаешь определенные дополнительные возможности, условия, инфраструктуру, то есть все, что угодно. Но тогда одновременно ты берешь на себя обязательства по выполнению с очень жестким контролем и определенными санкциями в случае невыполнения работы».

Подготовка кадров

Говоря о необходимости перехода к индивидуальной работе с ключевыми специалистами в научно-технической сфере, нельзя не упомянуть о еще одной теме, о которой говорил практически каждый эксперт — подготовки кадров. Никакая самая лучшая технологическая политика, никакие приоритетные проекты не обеспечат прорыва, если не будут обеспечены самым важным — человеческим — ресурсом.

Прежде всего, речь шла об образовании. Надо сказать, что мнение о тех реформах, которые были проведены в этой области, скорее негативное. Главная претензия состоит в том, что нынешняя система образования совершенно не приспособлена для формирования творческих личностей, без которых невозможны никакие технологические прорывы. «Необходимо перестать делать попытки копировать совсем не лучшие образцы систем школьного образования, предназначенные для подготовки середняков и недоучек. Надо усиленно искать талантливую молодежь в провинции и приглашать ее к поступлению в лучшие ВУЗы страны, поддерживать физико-математические школы, создавать для них хорошие условия».

Проблема, однако, не только в подготовке интеллектуальной элиты. Сегодня возникает совершенно новая ситуация, когда даже к производственным рабочим предъявляются все более высокие требования. На текущий момент, по мнению экспертов, от них требуется не столько физический труд, сколько умение управлять сложными механизмами и решать задачи, которые раньше решали инженерные кадры. «В среднесрочной перспективе нам, скорее всего, больше не потребуются тысячи токарей, слесарей и всех остальных. Все, это время прошло. Нам нужны организованные, высокопрофессиональные люди. Они будут управлять малолюдными производствами»

В качестве еще одной проблемы с кадрами эксперты называют опасность их утечки в другие страны. При открытых границах бороться с этим процессом можно только создавая условия и мотивации для самореализации классных специалистов в России. И десь мы вновь возвращаемся к тому, что без формирования целостной технологической политики, без развитой высокотехнологической промышленности, без интересных масштабных проектов и современной системы управления ими — в общем, без создания среды для реализации умений и способностей специалистов, деньги, вложенные в их подготовку, уйдут в пустоту. Даже если мы создадим самую совершенную систему образования и начнем готовить высококвалифицированных рабочих и творческих инженеров и ученых, в условиях деградирующей промышленности им негде будет применить свои таланты. Тогда они или быстро деградируют, или эмигрируют.

Организация управления проектами

Встает вопрос и о том, в каких формах должна идти реализация проектов государственного значения, как правильно организовать управление проектом, какова роль государства в этом управлении. Здесь принципиальным моментом становится поиск сочетания государственного руководства с предпринимательской инициативой людей, в нем участвующих.

При реализации проектов государственного значения принципиально важно найти баланс государственного руководства с предпринимательской инициативой людей, в них участвующих

Один вариант — создание специальной национальной исследовательской лаборатории, ориентированной на осуществление «прорывного» проекта. С предоставлением ей достаточных ресурсов, введением ограничений на возможность заниматься другими задачами (как научными, так и коммерческими) и жестким спросом за результат. «Нет, это не Сколково, это скорее Арзамас-16 или «шарашки». Там нужно очень жестко сформулировать задачу, но там должен быть ресурс. И потом это железно проводить, невзирая на дружбу, любовь и хорошее отношение. С полной ответственностью за неисполнение, с пониманием возможности потери очень многих нужных для жизни вещей. Там должны появиться люди, настроенные на какой-то срок забыть обо всем и начать заниматься только этим проектом. И такое предложение, на мой взгляд, целым рядом людей могло бы быть с интересом воспринято».

Другой вариант — более мягкий (элементы которого, кстати, уже реализуются). В этом случае под реализацию проекта собирается команда специалистов, из которых на базе существующей научной организации (НИИ, ВУЗ) создается отдельная лаборатория. Ее работу курирует специальный представитель государства, который контролирует не только оперативную деятельность и полученные результаты, но и обеспечивает коммуникацию с органами власти и с промышленностью.

В этом формате государство выступает еще и как агент, промоутер проекта, обеспечивая его дальнейшее внедрение. «Мы закладываем сразу, что не собираемся бросать их: сделали проект и разбежались. Мы собираемся дальше их продвигать как инновационный коллектив, который способен решать серьезные задачи. Поэтому выносим соответствующие совместные решения либо с ведомством, либо с промышленностью, что они в случае позитивной реализации проекта подхватывают эту команду и дальше

развивают проект. Мы понимаем, что если проект не будет развиваться, если он потом не станет самодостаточным, не превратится в какой-то бизнес, он умрет. Поэтому наша задача — организовать внедрение, и мы дальше постоянно курируем, как они себя чувствуют. После завершения проекта пытаемся найти инвестора».

Пока недостаточное внимание уделяется быстрорастущим средним технологическим компаниям. Если их амбиции подкрепить государственной поддержкой, они смогут не только решить масштабные технологические задачи, но и превратиться в «национальных чемпионов» мирового уровня

Эксперты, правда, предостерегают от излишне жесткого подхода государства к оперативному контролю за ходом реализации проекта. Они считают, что жесткость нужна на этапе отбора команды и при итоговой приемке. В остальном надо доверять руководителю проекта. Именно такие открытые подходы применяет американская DARPA и демонстрирует при этом замечательную эффективность. «Или ты доверяешь людям, или не работаешь с ними. Другого нет. Если поставить систему тотального контроля, она будет отвлекать безумное количество ресурсов у исполнителей и государства, работы страшно замедлятся и все это приведет к остановке проекта. Попытка снятия рисков приводит к гораздо большим рискам. Я уважаю Лаврентия Павловича, но на нынешнем этапе это неправильный ход — для этого придется замкнуть страну».

Выращивание «национальных чемпионов»

Дополнением к различным вариантам осовремененных «шарашек» с элементами государственного предпринимательства может стать ставка на классических предпринимателей в лице средних технологических компаний. «Для успеха должен появиться безумный предприниматель — без этого ничего не получится».

За последние четверть века в России возник целый слой таких динамично развивающихся компаний. Их отличает то, что они росли в жестко конкурентной среде, и хотя многие их руководители имеют хорошую техническую подготовку и являются выходцами из научно-образовательной среды, они — настоящие предприниматели и эффективные менеджеры. Все прошедшие годы такие компании не только сохраняли, но и наращивали свой инновационный потенциал, продолжая активную исследовательскую деятельность. «У нас в России вполне есть команды, и не одна, не две. Это десятки компаний, которые уже делают достаточно конкурентоспособную технику. Только надо их поддержать и направить в правильное русло».

В случае если амбиции этих компаний окажутся подкреплены государственной поддержкой и ресурсами, доверием власти, на их базе могут быть не только решены масштабные технологические задачи, но и созданы «национальные чемпионы» мирового уровня. «Необходимо поддерживать выращивание «национальных чемпионов» и поддерживать их выход на мировые рынки, чтобы они имели шанс превратиться в глобальных игроков. Мы давно думали о том, что нужно создавать какую-то поддержку для выращивания «чемпионов». Просто до последнего времени об этом вслух даже было неприлично говорить, неполиткорректно. А сейчас вроде стало можно». ■

ПРИЛОЖЕНИЕ. МЕТОД «ПРОГНОЗА ГЕНИЕВ» — МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ

С легкой руки Ральфа Ленца, одного из ведущих аналитиков американских ВВС в области долгосрочного планирования, примерно с начала 60-х годов XX века довольно быстро получил широкое распространение эффектный, хотя и не лишенный налета эпатажности термин «прогнозы гениев» (genius forecasting).

Согласно более позднему определению, предложенному двумя ведущими американскими теоретиками форсайт-исследований (Теодором Гордоном (который, к слову, был одним из создателей метода Дельфи, — одного из самых распространенных инструментов коллективной экспертной оценки и прогноза) и Джеромом Гленном), «прогнозы гениев» представляют собой «не вписывающийся в какие-либо формальные рамки набор мыслительных процедур, базирующихся прежде всего на субъективной интуиции, при помощи которых отдельные индивидуумы высказывают суждения и предположения о возможных событиях в будущем».

Гордон и Гленн также уточняют, что подобные наборы мыслительных процессов, используемые различными провидцами будущего, практически всегда являются уникальными, то есть не репродуцируемыми.

Еще один популярный синоним, используемый для лаконичного обозначения выдающихся личностей, способных создавать яркие и нестандартные образы будущего, — «люди эпохи Возрождения» (Renaissance men), то есть индивидуумы, обладающие разносторонними энциклопедическими знаниями, целостным видением мира и особым даром распознавания новых трендов, проблем и вызовов, перспективных технологий и т. д.

В западном футурологическом сообществе живой иконой подобного гения-энциклопедиста на протяжении двух с лишним десятилетий (вплоть до своей смерти в 1983 году) считался знаменитый американский системный теоретик Герман Кан, разработчик концепции мегатрендов и методики сценарного анализа будущего, создавший в 1961 году мощную междисциплинарную «фабрику мысли» Hudson Institute.

Помимо Германа Кана, в ряду признанных «гениев-провидцев» второй половины XX века можно еще упомянуть Элвина Тоффлера (создателя популярной концепции «трех волн» развития человеческой цивилизации, который в свое время был признан The Financial Times «самым знаменитым футурологом мира»), Дэниела Белла (автора классического бестселлера 1974 года «Пришествие постиндустриального общества»), Джона Несбитта (еще одного плодовитого футуролога-универсалиста, серьезно дополнившего концепцию мегатрендов Германа Кана), очень оригинального британского мыслителя Гордона Рэттрея Тейлора, еще в 1968 году опубликовавшего визионерскую работу «Биологическая бомба времени» (The Biological Time Bomb), в которой были верно предсказаны многие поздние достижения в сфере биотехнологии и медицины.

Однако ввиду того, что такие личности, обладающие большим научным авторитетом и/или флером гениальной исключительности, в наше время встречаются очень редко, имеет смысл несколько упростить формальные критерии отбора, на основании которых те или иные экспертные сценарии будущего могут быть причислены к пресловутой категории «гениальных прогнозов».

Для начала за основу можно взять две относительно простые исходные посылки. Первое: заслуживают особого внимания суждения индивидов, ранее уже продемонстрировавших свое умение корректно и/или удачно предсказывать новые/неочевидные тренды и процессы (причем в данном случае речь отнюдь не идет об уникумах с запредельно высокими уровнями IQ, поскольку подобные гениальные озарения нередко исходят от людей, которые просто-напросто имеют сверхобостренное чутье на новое). Второе: следует отдавать предпочтение мнению признанных профессионалов в своей научной области, обладающих, помимо всего прочего, умением мыслить междисциплинарно.

В то же время, руководствуясь первым из приведенных критериев, необходимо учитывать не столь уж малую вероятность, что удачливые в прошлом прогнозисты вполне могут оказаться «калифами на час». Примеров такого рода в недавней истории хоть отбавляй: достаточно, например, вспомнить 90-е годы прошлого века, когда в СМИ особой популярностью пользовались пророчества многочисленных интернет-предпринимателей, внезапно и ненадолго разбогатевших на волне всеобщего бума «доткомов».

Данная облегченная разновидность genius forecasting, — «прогнозы знаменитостей», то есть суждения о будущем, высказываемые индивидами, как правило, не обладающими солидным научно-техническим/общеобразовательным бэкграундом, является классическим образчиком фонового шума, который следует по возможности отсеивать уже на начальных стадиях отбора экспертных суждений.

Разумеется, статистическая вероятность того, что интегральный прогноз даже самого проницательного эксперта-футуролога будет состоять из сплошных «попаданий в яблочко», практически равна нулю. A posteriori наверняка окажется, что он содержал в себе чрезмерные упрощения, некорректные оценки, не учел целый ряд альтернативных вариантов развития событий и т. д.

И, тем не менее, принципиальное отличие прогнозов таких «гуру-визионеров» от предсказаний рядовых любителей погадать на кофейной гуще будет заключаться в том, что настоящий «гений прогноза» благодаря наличию системного подхода к анализу исследуемых проблем может обозначить максимально широкий спектр возможных сценариев и направлений и, отталкиваясь от этого, далее

интуитивно выявить такие малозаметные «ростки будущего», которые практически невозможно увидеть при помощи стандартной экстраполяции уже известных трендов.

Иными словами, как отмечает в своей обзорной статье Genius Forecasting, Intuition, and Vision Джером Гленн*, «одно из уникальных свойств гениальных футуристов — это их умение представить (вообразить) такое будущее, которое коренным образом отличается от настоящего и не дает себя обнаружить, исходя из одних только накопленных знаний о прошлом».

Более того, во многих случаях интуиция является чуть ли не единственным возможным источником информации, позволяющим делать долгосрочные прогнозы дальнейшего поведения сложных хаотических систем.

Так, если речь идет о разработке долгосрочных стратегий развития с горизонтом планирования свыше 10 лет (временной диапазон оценки от 10 до 20 лет является стандартным для стратегического форсайта), количественные методики, по преимуществу используемые в кратко- и среднесрочном анализе, — экстраполяция тенденций и трендов, анализ временных рядов и т. п. — за очень редким исключением оказываются неработоспособными. Вслед за увеличением горизонта планирования резко возрастает и общая неопределенность/хаотичность системы, а также вероятность того, что вместо текущих, известных исследователям факторов появятся и могут стать доминирующими новые, абсолютно им незнакомые.

Соответственно в арсенале аналитиков стратегического форсайта вместо «оружия ближнего радиуса действия», то есть количественных, компьютерно-математических моделей, на передний план выходят различные качественные методы и пресловутый «метод прогноза гения»/интуитивных экспертных оценок, ориентированный на выявление альтернативных вариантов будущего. Он, безусловно, играет в этом исследовательском арсенале одну из ведущих ролей. Причем даже тогда, когда подобные «гениальные прогнозы» срабатывают лишь отчасти, их очевидная ценность заключается еще и в том, что они могут стать очень полезным источником неожиданных и оригинальных идей, инновационных продуктов, технологий и т. д.

Если же воспользоваться классическим афоризмом известного французского исследователя Мишеля Годе, идеолога влиятельной школы «перспективного прогнозирования» (la prospective), «зачастую хороший прогноз — это не тот прогноз, который оказался правильным, а тот, который стимулировал «проактивные действия», способные повлиять на будущее».

Можно отметить также, что в целом ряде случаев, например, в условиях сильного дефицита времени и/или ресурсов, или при проведении форсайт-исследований в узкоспециализированных областях науки и технологий, использование «прогнозов гениев» (или, проще говоря, оценок и предположений признанных экспертов в тех или иных областях знаний) в качестве основных источников информации для разработки возможных сценариев будущего представляется наиболее очевидным и целесообразным с практической точки зрения методом.

В идеале, конечно, полученные от различных экспертов на начальном этапе проведения форсайт-анализа комментарии и оценки не могут считаться самодостаточными. При всей потенциальной значимости и оригинальности подобных суждений их последующий критический анализ и сравнение между собой на предмет нахождения точек и зон пересечения, а также и возможных расхождений/противоречий во мнениях, «недосказанностей» и прочих спорных моментов является важнейшей промежуточной стадией, предшествующей итоговым выводам и рекомендациям.

Что же касается конкретных методик сбора и получения экспертных оценок, варианты здесь тоже могут быть самыми разными: очное или заочное интервьюирование, письменное анкетирование «на заданные темы», написание свободных эссе, сценариев и т. д.

Не существует, разумеется, и универсальных схем и механизмов выявления потенциальных «гениев прогноза». Скажем, упоминавшийся выше Джером Гленн, считающийся одним из ведущих зарубежных специалистов по данной тематике, приводит достаточно обширный список возможных источников и направлений такой поисковой работы, но большая часть его рекомендаций носит весьма умозрительный характер. Так, он предлагает форсайт-исследователям активно отслеживать в интернете различные «биржи прогнозов» (или «прогностические рынки», в английском оригинале prediction markets) с целью выявления наиболее удачливых индивидуумов (кандидатов в «гении прогноза»). Он советует анализировать в том же интернете открытые источники информации: доклады на специализированных научных конференциях, публикации в электронных журналах и блогах, посещать различные публичные мероприятия с повышенной концентрацией креативно мыслящих людей, обращать особое внимание на результаты специализированных конкурсов для «молодых визионеров» (один из таких известных конкурсов — Mitchell Prize, спонсируемый «Римским клубом»).

Кроме того, Гленн рекомендует внимательно изучать произведения из жанра science fiction, что, конечно, вовсе не лишено здравого смысла: по-настоящему талантливые писатели-фантасты как бы по определению обладают обостренным видением будущего, — те же Герберт Уэллс, Айзек Азимов, Артур Кларк, Станислав Лем, помимо своего основного ремесла, достаточно регулярно упражнялись и в написании чисто футурологических статей и эссе.

Наконец, одним из самых очевидных, но в то же время и самых эффективных методов в этом «джентльменском списке Гленна» можно считать совет прислушиваться к персональным рекомендациям признанных специалистов и «продолжать такой опрос до тех пор, пока не будут выявлены индивидуумы, обладающие наивысшим “индексом перекрестных отсылок” среди своих коллег».

Отобранные тем или иным способом (или при помощи комбинации различных способов)

---

* *Jerome C. Glenn, Genius Forecasting, Intuition, and Vision, chapter in The Millennium Project Futures Research Methodology —V3.0, http://www.learningace.com/doc/4511178/e115cebb1b373c876cd74a0263b0790c/25-genius-forecasting*

«гениальные прогнозисты», помимо предоставления индивидуальных экспертных оценок (вариантов будущего), также могут быть специально приглашены для участия в коллективном «мозговом штурме», конкретные формы которого, впрочем, оставляются на усмотрение самих инициаторов форсайт-исследования. Например, могут быть организованы небольшие совместные рабочие группы (экспертные панели) в соответствии с их профессиональной специализацией (если, конечно, таковая имеется), комбинированные «игровые симуляторы будущего», сценарные семинары и т. д.

Среди множества «мозговых центров», специализирующихся на футурологической/форсайтной тематике, в настоящее время можно условно выделить несколько наиболее влиятельных институтов и организаций, регулярно публикующих «прогнозы гениев»/ведущих экспертов в различных отраслях науки и техники. Конкретные формы подачи таких экспертных прогнозов и суждений о будущем, разумеется, сильно разнятся. Это могут быть свободные интервью, небольшие эссе по конкретным направлениям и областям знаний, а также развернутые комментарии признанных специалистов, полученные в ходе проведения тех или иных специализированных форсайт-исследований и проектов.

Пожалуй, самым известным и крупным из таких центров является World Future Society (WFS), «Мировое сообщество футурологов», основанное еще в 1966 году (штаб-квартира находится в Вашингтоне, а официальная интернет-страница WFS — www.wfs.org). WFS регулярно издает журналы The Futurist и World Future Review (WFR), а также ежегодно, начиная с 1985 года, выпускает обзорные доклады под названием Outlook Report («Отчет о будущих перспективах») — дайджест «самых провокационных и смелых идей и прогнозов», авторами которых, как правило, являются известные футурологи и эксперты.

Другой крупный независимый центр прикладных исследований будущего, также активно использующий в своей аналитической работе «метод прогнозов гениев», — американский techCast Project (интернет-адрес www.techcastglobal.com). Он активно развивается с начала 90-х годов прошлого века совместными усилиями частного исследовательского Университета Джорджа Вашингтона (также базирующегося в столице США) и специализированной компании TechCast LLC.

В рамках этого долгосрочного проекта осуществляется регулярный циклический анализ и сканирование ключевых научно-технологических трендов, слабых сигналов и «джокеров» (wild cards) по семи широким направлениям: энергетика и природопользование; промышленное производство и робототехника (в том числе нанотехнологии); медицина и биогенетика; информационные технологии; «цифровая экономика» (E-Government, E-Commerce, Intelligent Web и т. п.); исследования космоса; транспортные средства. Стандартный горизонт прогнозирования исследователей techCast Project составляет от 20 до 30 лет.

При этом важнейшей составной частью такого комплексного исследования является экспертный анализ и оценка, осуществляемые «коллективным пулом гениев» Expert Global Brain Trust, в состав которого входит около 150 ведущих специалистов со всего мира в различных областях знаний. Помимо ученых и инженеров-технологов, это инновационные предприниматели, известные футурологи и форсайт-аналитики, лаконично обозначаемые идеологами проекта TechCast «идейными лидерами» (thought leaders).

Еще один, относительно молодой, но уже завоевавший немалый авторитет мозговой центр исследований будущего, — Singularity University («Университет сингулярности»), созданный в 2008 году в калифорнийской Кремниевой долине известным инновационным предпринимателем-миллионером Питером Диамандисом. Среди других его детищ популярный проект X Prize Foundation — премиальный фонд поддержки прорывных инноваций). Второй основатель Singularity University — один из самых влиятельных гуру современной футурологии, знаменитый изобретатель Рэй Курцвейл (с конца 2012 года Курцвейл также является руководителем флагманского подразделения корпорации Google, занимающегося разработками в сфере искусственного интеллекта (AI)).

Как известно, одним из самых ярких пророчеств Курцвейла является скорое наступление на нашей планете так называемой технологической сингулярности — переломного момента в истории человеческой цивилизации, после достижения которого технологический прогресс перейдет в экспоненциальную/взрывную стадию развития. Ориентировочный срок этого эпохального события, обозначенный самим Курцвейлом, — 2045–2046 годы, хотя ряд его коллег-единомышленников называют и другие даты. Например, влиятельный писатель-фантаст Вернор Виндж рассчитывает на то, что это событие может произойти уже в районе 2030 года. Предположительным катализатором этой техносингулярности должно стать либо долгожданное создание искусственного интеллекта, либо, как альтернативный вариант, массовое превращение самих людей в «киборгов», то есть мощный компьютерно-биотехнологический апгрейд человеческого мозга и тела.

Стоит упомянуть, что Рэй Курцвейл был недавно назван главой Microsoft Биллом Гейтсом «самым лучшим в мире прогнозистом будущего в области исследований искусственного интеллекта», а также отметить, что целый ряд его ярких пророчеств, сделанных еще в конце прошлого века, уже успешно сбылся.

Возвращаясь к перечню наиболее влиятельных цитаделей прикладной футурологии, активно использующих в своей прогностической деятельности метод «прогноза гения», помимо вышеупомянутых североамериканских центров, стоит сказать о Западной Европе. Там особого внимания в рассматриваемом нами контексте, безусловно, заслуживает долгоиграющий проект Futuribles (официальный сайт в интернете www.futuribles.com), ведущий отчет еще с начала 60-х годов XX века. Главным идеологом создания международного комитета, в состав которого вошли многие ведущие интеллектуалы-футурологи, был известный французский философ Бертран де Жувенель. Позднее, после ряда пертурбаций, этот комитет получил официальное название Futuribles

International — Независимый центр исследований и перспективного анализа и прогнозирования, с 1987 года этот парижский центр регулярно выпускает журнал Futuribles.

Кроме того, отдельно отметим еще интересный интернет-проект Metafuture.org, регулярно размещающий статьи и материалы различных исследователей будущего из Австралии и Новой Зеландии, и другой австралийский think tank — Centre For Australian Foresight (CfAF), также делающий основной акцент на экспертных прогнозах и оценках местных специалистов.

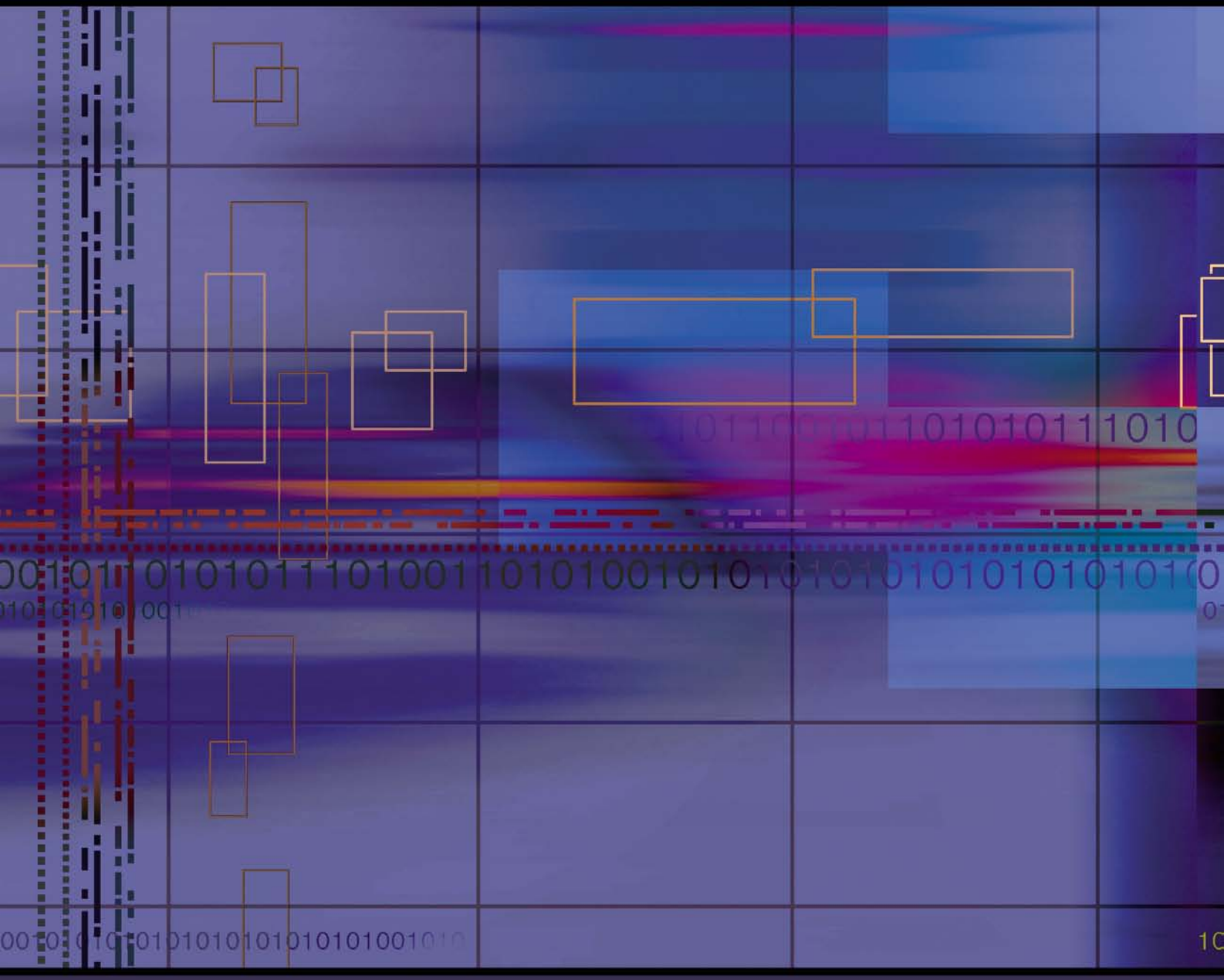
Наконец, еще одним любопытным «побочным» наблюдением, заслуживающим на наш взгляд, особого упоминания, является повышенный интерес к теме «гениальных прогнозов» со стороны различных исследователей из Ирана. По крайней мере, в результате проведенного нами интернет-серфинга с ключевыми поисковыми словами genius forecasting было неожиданно выявлено немалое число публикаций и комментариев, написанных именно иранскими авторами.

В качестве же одного из типичных примеров футурологического прогнозирования, делающего основной акцент на профессиональной компиляции субъективных экспертных мнений и прогнозов о будущем, сошлемся еще и на серию специализированных докладов, публикуемых американским исследовательским центром Pew Research Center (www.pewresearch.org).

Этот центр осуществляет регулярные опросы различных экспертов и гуру футурологии (как ученых и технологов, так и известных инновационных предпринимателей и исследователей будущего) с целью выявления наиболее значимых и перспективных новых технологий и продуктов, а также анализа их возможного влияния на повседневную жизнь человечества.

Так, начиная с 2005 год эксперты Pew Research Center реализуют долгоиграющий комплексный проект The Web at 25, в рамках которого пытаются выявить самые интересные будущие тренды и тенденции (с условным горизонтом в середине следующего десятилетия), имеющие непосредственное отношение к дальнейшему развитию ИК-технологий и, прежде всего, их интернет-составляющей. ■

Авторский коллектив:
Д.С. Медовников, С.Д. Розмирович, И.Н. Имамутдинов, Г.Б. Костина, А.Г. Механик, Т.К. Оганесян, Е.К. Рыцарева, В.В. Сараев.

Дизайн:
Ася Аракелян, Антон Боим, Алексей Семенов

ДЛЯ ЗАМЕТОК